

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA DEL RIO TABACAY Y SU VINCULACIÓN CON LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA.

Trabajo de titulación previo a la
obtención del Título de Ingeniería Civil

AUTOR:

Fabián Enrique Jaya Cabrera
C.I. 1104339476

DIRECTOR:

Dra. Gladys Guillermina Pauta Calle M. Sc.
C.I. 0300691045

CUENCA – ECUADOR
2017



RESUMEN

La cuenca del río Tabacay por los diferentes usos de suelo y de cubiertas vegetales proporciona una amplia gama de valores de escorrentía superficial y concentración de sedimentos, lo que afecta significativamente a los usos del agua, como el destinado a consumo humano y, a las aplicaciones posteriores, como en la Hidroeléctrica Paute, ya que provoca una degeneración paulatina de las turbinas y sedimentación en el embalse, provocando alteraciones hidráulicas.

Este trabajo de investigación está enfocado al estudio de los sólidos en suspensión que se producen en la microcuenca, para vincularlo posteriormente con la cobertura y los usos del suelo. Se diseña un programa de monitoreo en el río que contempla, tanto el análisis de los sólidos suspendidos en el agua, así como las características del lecho de fondo para analizar los sólidos sedimentados.

El monitoreo contempla también la medición del caudal en cada punto de muestreo, dato importante para determinar la carga de transporte; la medición del caudal se hace utilizando el método del Flotador, esto, debido a la dificultad de movilizar equipos de medición que proporcionan más exactitud. Las campañas de monitoreo se realizarán en intervalos constantes de tiempo, logrando probablemente los eventos de precipitación más representativos de la microcuenca en el periodo Mayo-Julio de 2017.

Al finalizar la investigación se sugieren medidas de control y prevención de la contaminación. Con estos resultados, se entregará a las empresas encargadas del control de Aguas Superficiales, una herramienta de gestión, útil en su proceso de toma de decisiones.

Palabras clave: TABACAY, SEDIMENTOS SUSPENDIDOS, AFORO LÍQUIDO, AFORO SÓLIDO.



ABSTRACT

The Tabacay river basin due to the different land uses and vegetation cover provides a wide range of values of surface runoff and sediment concentration, which significantly affects the uses of water, such as that destined for human consumption and, to the applications Later, as in the Paute Hydroelectric, as it causes a gradual degeneration of the turbines and sedimentation in the reservoir, causing hydraulic alterations.

This research work is focused on the study of the solids in suspension that are produced in the microbasin, to link it later with the coverage and land uses. A monitoring program is designed in the river that contemplates both the analysis of the solids suspended in the water, as well as the characteristics of the bottom bed to analyze the sedimented solids.

The monitoring also includes the measurement of the flow at each sampling point, an important data to determine the transport load; the measurement of the flow is made using the Float method, this, due to the difficulty of mobilizing measuring equipment that provides more accuracy. The monitoring campaigns will be carried out in constant intervals of time, probably achieving the most representative rainfall events of the micro-basin in the period May-July 2017.

At the end of the investigation, control measures and pollution prevention are suggested. With these results, a management tool, useful in its decision-making process, will be delivered to the companies in charge of Surface Water control.

Key words: TABACAY, SUSPENDED SEDIMENT, LIQUID GAUGING, SOLID GAUGING.



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS.....	9
DEDICATORIA	12
AGRADECIMIENTOS	13
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. ANTECEDENTES	14
1.2. HISTORIA Y PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA.....	14
1.3. ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN	15
1.4. OBJETIVOS.....	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. MARCO TEORICO.....	18
2.1. HIDROLOGÍA EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA.	18
2.2. HIDRÁULICA DE SEDIMENTOS.	19
2.2.1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	19
2.2.2. CARGA DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN.....	19
2.2.3. CARGA DE LOS MATERIALES DEL LECHO.....	20
2.2.4. EROSIÓN DEL SUELO.....	20
2.2.5. PROBLEMAS ASOCIADOS CON EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN LOS RÍOS	21
2.2.6. TAMAÑO DE PARTÍCULAS.....	22
2.3. COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO.	24
2.3.1. COBERTURA VEGETAL	24
2.3.2. USOS DEL SUELO	24
2.3.3. IMPORTANCIA DE CONSERVACIÓN DEL SUELO	25
2.4. CALIDAD DEL AGUA.	27
2.4.1. FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DETERMINANTES DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	27
2.4.2. RELACIÓN ENTRE SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y TURBIEDAD	28
2.5. ASPECTOS GENERALES DE LOS PROCEDIMIENTOS HIDROMÉTRICOS.	28
2.5.1. AFORO LÍQUIDO	29
2.5.2. AFORO SÓLIDO	29
2.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	30
2.6.1. DETERMINACIÓN DE LA CUENCA Y SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS MEDIANTE EL USO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	30
2.6.2. LOS SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES.....	31



3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	32
3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA.....	32
3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y EXTENSIÓN.....	32
3.1.3. GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY.....	33
3.1.4. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA MICROCUENCA.....	37
3.2. OBTENCIÓN DE DATOS.....	40
3.2.1. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS.....	40
3.2.2. TOMA DE MUESTRAS.....	43
3.2.3. CAMPAÑAS DE MONITOREO.....	44
3.3. MÉTODOS HIDROMÉTRICOS.....	44
3.3.1. AFORO LÍQUIDO (MÉTODO POR FLOTADORES).....	44
3.4. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SEDIMENTABLES, DISUELTOS Y VOLÁTILES.....	47
3.4.1. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103 - 105°C.....	47
3.4.2. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	48
MATERIALES: PAPEL FILTRO DE 0,45 UM, RECIPIENTE DE 100 ML.....	48
3.4.3. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES.....	48
3.4.4. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES COMBUSTIÓN A 550°C Y 850°C.....	49
3.5.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA Y TAMIZADO.....	50
3.5.2. CLASIFICACIÓN DEL SUELO, SEGÚN EL MÉTODO DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN.....	50
3.6. INFORMACIÓN DIGITAL.....	51
4.1. VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE CAUDALES EN EL RECORRIDO DEL RÍO TABACAY.....	53
4.1.1. VARIABILIDAD ESPACIAL.....	53
4.1.2. VARIABILIDAD TEMPORAL POR ESTACIÓN.....	54
4.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS DEL RÍO TABACAY.....	55
4.2.1. VINCULACIÓN ENTRE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) CON LA TURBIEDAD (NTU).....	55
4.2.2. ANÁLISIS DEL COLOR APARENTE Y EL COLOR REAL.....	58
4.2.4. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES (SSS).....	62
4.2.5. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS (SSF) Y DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV).....	63
4.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS SEDIMENTOS DEL LECHO DEL RÍO TABACAY.....	64
4.3.1. ANÁLISIS DE SÓLIDOS FIJOS (550°C Y 850°C) Y SÓLIDOS VOLÁTILES (550°C Y 850°C) DEL RÍO TABACAY.....	64
4.4. ANÁLISIS DE USOS DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY.....	65
4.4.1. CULTIVOS PREDOMINANTES.....	65
4.4.2. CARGA ANIMAL.....	66
4.5. ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY.....	66
4.5.1. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	70
4.6. SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY.....	71
4.7. CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES QUE CONTAMINA CADA SUBCUENCA DE APOORTE DE CADA ESTACIÓN.....	72
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	74
5.1. VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE CAUDALES EN EL RÍO TABACAY.....	74



5.1.1. CAUDAL ESPACIAL.....	74
5.1.2. CAUDAL TEMPORAL.....	74
5.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS DEL RÍO TABACAY.....	75
5.2.1. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	75
5.2.2. TURBIEDAD.....	75
5.2.3. VINCULACIÓN ENTRE SST Y NTU.....	75
5.2.4. ANÁLISIS DE COLOR REAL Y COLOR APARENTE.....	75
5.2.5. ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD.....	76
5.2.6. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES.....	76
5.2.7. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS (SSF) Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV).....	76
5.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS SEDIMENTOS DEL LECHO DEL RÍO TABACAY.....	77
5.4. ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL, Y USOS DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY.....	77
5.5. ANÁLISIS DE LA SUBCUENCA DE APOORTE CONTAMINANTES.....	77
6. CONCLUSIONES.....	79
6.1. PERIODOS CLIMATOLÓGICOS Y CAUDALES.....	79
6.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS	80
6.3. SEDIMENTOS DEL LECHO DE RÍO TABACAY.....	80
6.4. COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO.....	81
7. RECOMENDACIONES	83
8. BIBLIOGRAFÍA	84
9. ANEXOS	86
9.1. FOTOGRAFÍAS DE ESTACIONES	86
9.2. FOTOGRAFÍAS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	88
9.3. FOTOGRAFÍAS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	89
9.4. SISTEMA SUCS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	91
9.5. CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE CADA ESTACIÓN.....	92
9.6. RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS DEL LABORATORIO DE SANITARIA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.....	96



INDICE DE TABLAS

1	Tabla 2.2.5. Problemas asociados con el transporte de sedimentos en los ríos	
	FUENTE: (G. D. G. Edwards, 1999)	22
2	Tabla 2.2.6. Clasificación de partículas por el tamaño, según la Escala	
	Wentworth FUENTE: (Edwards, T.E., 1999)	23
3	Tabla 3.1.4.1. Características físicas de los cauces de la microcuenca.	
	FUENTE: (EMAPAL EP, 2003)	38
4	Tabla 3.1.4.3. Valores de pendientes en la microcuenca. Plan de Manejo de	
	la microcuenca del Tabacay. FUENTE: (EMAPAL EP, 2003)	38
5	Tabla 3.2.1.2. Estaciones de Monitoreo y ubicación Geográfica. FUENTE: El	
	Autor	42
6	Tabla 3.3.1.1. Valores del coeficiente de corrección de la Velocidad Media	
	para el método de flotador. FUENTE: (ISO 748, 1997)	47
7	Tabla 4.1.1.1. Caudal temporal por estaciones de la microcuenca. FUENTE:	
	El Autor	54
8	Tabla 4.1.1.2. Caudal Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El Autor	54
9	Tabla 4.2.1.1. SST temporal por estaciones de la microcuenca. FUENTE: El	
	Autor	56
10	Tabla 4.2.1.2. SST Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El Autor	56
11	Tabla 4.2.1.3. Turbiedad temporal por estaciones de la microcuenca.	
	FUENTE: El Autor	56
12	Tabla 4.2.1.4. Turbiedad Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El	
	Autor	56
13	Tabla 4.2.2.1. Color Aparente temporal por estaciones de la microcuenca.	
	FUENTE: El Autor	58
14	Tabla 4.2.2.2. Color Aparente Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El	
	Autor	59
15	Tabla 4.2.2.3. Color Real temporal por estaciones de la microcuenca.	
	Fuente: El Autor	59
16	Tabla 4.2.2.4. Color Real Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El	
	Autor	59
17	Tabla 4.2.3.1. Conductividad temporal por estaciones de la microcuenca.	
	FUENTE: El Autor	61
18	Tabla 4.2.3.2. Conductividad Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El	
	Autor	62
19	Tabla 4.2.4. SSS temporal por estaciones de la microcuenca. FUENTE: El	
	Autor	62
20	Tabla 4.2.5.1. SSF por estaciones de la microcuenca. FUENTE: El Autor	63
21	Tabla 4.2.5.2. SSF Máximo y Mínimo de estaciones. Fuente: El Autor	63



22	Tabla 4.2.5.3. SSV temporal por estaciones de la microcuenca. FUENTE: El Autor	63
23	Tabla 4.2.5.4. SSV Máximo y Mínimo de estaciones. FUENTE: El Autor	64
24	Tabla 4.3.1. Sólidos fijos y Sólidos Volátiles (550°C y 850°C) por estaciones. FUENTE: El Autor	65
25	Tabla 4.4.1. Sólidos fijos y Sólidos Volátiles (550°C y 850°C) por estaciones. FUENTE: El Autor	66
26	Tabla 4.5.1. Usos del Suelo de la Microcuenca del Río Tabacay. FUENTE: El Autor	67
27	Tabla 4.5.2. Usos del Suelo de la Microcuenca del Río Tabacay. FUENTE: El Autor	68
28	Tabla 4.5.1.1. Coeficiente de Escorrentía por tipo de cobertura. FUENTE: (Ven. T Chow)	70
29	Tabla 4.5.1.2. Coeficiente de Escorrentía ponderado por estaciones. FUENTE: El Autor	70
30	Tabla 4.6. Susceptibilidad a la Erosión de la Microcuenca del Río Tabacay. FUENTE: El Autor	71
31	Tabla 4.7.1. SST Máximo, Mínimo y promedio de estaciones. FUENTE: El Autor	72
32	Tabla 4.7.2. SST Máximo, Mínimo y promedio de estaciones. FUENTE: El Autor	72
33	Tabla 6.3. Clasificación de Suelo de los sedimentos de cada estación según SUCS. FUENTE: El Autor	81



INDICE DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS

1	Figura 3.1.2.1. a) Provincia del Cañar _ b) Microcuenca del río Tabacay dentro de la provincia de Cañar (Autor) Fuente: (EMAPAL EP, 2003)	32
2	Figura 3.1.2.2. Quebradas de la microcuenca del río Tabacay Fuente: (EMAPAL EP, 2003)	33
3	Figura 3.1.3. Carta Geológica Azogues FUENTE: (PRECURA, 1998)	34
4	Figura 3.2.1.2. Puntos de monitoreo emplazados en mapa georreferenciado FUENTE: El Autor	43
5	Figura 3.3.1.1. Perfilómetro para medición de Secciones Transversales. FUENTE: (C.V.C., 2005)	46
6	Figura 3.6.1. MDE microcuenca del río Tabacay FUENTE: El Autor	52
7	Figura 3.6.2. Susceptibilidad a erosión de microcuenca del río Tabacay FUENTE: El Autor	52
8	Figura 3.6.3. Usos del Suelo de microcuenca del río Tabacay FUENTE: El Autor	53
9	Figura 4.1.1. Caudal Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	54
10	Figura 4.1.2. Caudal Temporal por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	55
11	Figura 4.2.1.1. SST Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	57
12	Figura 4.2.1.2. Turbiedad Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	57
13	Figura 4.2.1.3. Vinculación entre NTU y SST. FUENTE: El Autor	58
14	Figura 4.2.2.1. Color Aparente Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	60
15	Figura 4.2.2.2. Color Real Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	60
16	Figura 4.2.2.3. (%) Del color Real sobre el color Aparente. FUENTE: El Autor	61
17	Figura 4.2.3.1. Conductividad Temporal por Monitoreos (fechas) de la microcuenca. FUENTE: El Autor	62
18	Figura 4.2.5.1. SST, SSF y SSV por estaciones. FUENTE: El Autor	64
19	Figura 4.3.1. Sólidos Fijos por estaciones. FUENTE: El Autor	65
20	Figura 4.5.1. Porcentaje de Usos del Suelo. FUENTE: El Autor	68
21	Figura 4.5.2. Clasificación de Usos del Suelo. FUENTE: El Autor	69
22	Figura 4.6. Clasificación de Susceptibilidad a la Erosión del Suelo. FUENTE: El Autor	71
23	Figura 4.7.1. SST contaminante por ha. De cada estación. FUENTE: El Autor	72
24	Figura 4.7.2. Categorización de Áreas de Aporte por Estaciones que Contaminan. FUENTE: El Autor	73



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Fabián Enrique Jaya Cabrera, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "ESTUDIO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA DEL RIO TABACAY Y SU VINCULACIÓN CON LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 octubre de 2017

Fabián Enrique Jaya Cabrera

C.I: 1104339476

AUTOR



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Fabián Enrique Jaya Cabrera, autor de la tesis "ESTUDIO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA DEL RIO TABACAY Y SU VINCULACIÓN CON LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor, el mismo ha sido realizado en su integridad y no se ha publicado anteriormente.

Cuenca, 25 octubre de 2017

Fabián Enrique Jaya Cabrera

C.I: 1104339476

AUTOR



DEDICATORIA

El Presente Trabajo lo dedico de forma personal a mis padres, por su amor, comprensión y sacrificio. Por ser mis guías en el difícil camino de la vida.

A mis hermanas, Tania, Angie, y Cynthia por su apoyo continuo durante mi formación profesional.



AGRADECIMIENTOS

De manera Especial a la Dra. Guillermina Pauta, Directora de Tesis, por sus enseñanzas y el apoyo desinteresado para la realización de este trabajo.

Al Ing. Esteban Pacheco y a la Ing. Verónica Carrillo, Tutores de Tesis, por su paciencia y enseñanzas.

A todos mis compañeros(as) y amigos(as), por su amistad y apoyo continuo.



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes

La información utilizada proviene del “Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del río Tababca”, iniciativa que tuvo como objetivo, la protección de la misma. Esta microcuenca se encuentra dentro de los límites del cantón Azogues, capital de la provincia de Cañar en el Ecuador. La microcuenca del río Tabacay (66.5 km²) es parte de la subcuenca del río Burgay (aprox. 447 km²) que a su vez es parte de la cuenca del río Paute (aprox. 5000 km²), de gran importancia para el país ya que allí se encuentra la mayor central hidroeléctrica que genera más del 50% de la producción nacional.

Al momento, el agua potable de la ciudad de Azogues proviene exclusivamente de la parte alta de la microcuenca del río Tabacay, a través de las captaciones ubicadas en las quebradas Nudpud y Llaucay y cuyas cuencas de captación tienen una superficie aproximada de 25 km². (Cajas, n.d.)

1.2. Historia y problemática de la Cuenca

La cuenca del Río Tabacay se caracteriza por una variedad de cubiertas vegetales, y numerosas actividades que marcan diferentes usos del suelo. Las precipitaciones en la zona son muy variables, con lo que la escorrentía superficial y la concentración de sólidos suspendidos también lo es; esto incide en la calidad del agua afectando a los usos del recurso, sobre todo el destinado para el abastecimiento y la generación de energía eléctrica.

En agosto de 2003, se inició un convenio interinstitucional para estructurar el “Plan de Manejo para la Microcuenca del río Tabacay”, con la cooperación de la Ilustre Municipalidad de Azogues, la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental (EMAPAL EP), el Consejo de Programación de Obras Emergentes de la Cuenca del Río Paute (COPOE actualmente constituida como CG PAUTE) y la Universidad de Cuenca. (EMAPAL EP, 2003)

La elaboración de este Plan de manejo, contempló metodologías coherentes en base a realidades, económicas, técnicas e institucionales encontradas en la zona de estudio. Un estudio de diagnóstico territorial identificó los problemas más significativos y en base a ellos se elaboraron tres programas estratégicos para proteger y conservar a la microcuenca. (Urgilez, 2016)



a. Programa de Intervención en Infraestructura e Implementación de Obras

Este programa plantea proyectos de implementación y planificación vial; proyecto de diseño de trampas de sedimentos, proyecto de mejoramiento de la infraestructura de salubridad, proyecto de priorización de obras de infraestructura.

b. El programa Agro-Ambiental

Este programa arranca con una evaluación parcelaria, para determinar las intervenciones que se hará en las distintas zonas de la microcuenca, a través de proyectos de forestación, proyecto de conservación de áreas sensibles y proyecto de alternativas productivas sostenibles.

c. Programa de concientización y fortalecimiento

Este programa tiene como objetivo un fortalecimiento basado en planes de capacitación a los actores de la microcuenca, educación ambiental generalizada a nivel primario, y un plan de comunicación y difusión establecido.

No obstante, a lo indicado, el grado de contaminación y erosión que afecta a la microcuenca está en aumento, generando preocupación por parte de instituciones que hacen uso del recurso; así la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC, ha brindado apoyo a EMAPAL, para la construcción de interceptores marginales, en un intento de conseguir la recuperación del río. Finalmente, es necesario realizar estudios geológicos y ambientales de la zona, así como también estudios del agua y sus sedimentos, que aporten información a fin de tomar acciones correctivas. Por tanto, es un problema que se mantiene latente ya que la degradación de los suelos contribuye al incremento de carga de sedimento en suspensión y ataca además a la calidad y cantidad de agua. (Urgilez, 2016)

1.3. Alcance y Justificación

Este trabajo de titulación aborda el estudio de los sólidos suspendidos del cauce del Río Tabacay, en importantes estaciones de monitoreo determinados en la inspección de campo; el estudio incluye parámetros físico-químicos del agua, caracterización de sedimentos, y las mediciones de caudales.

La microcuenca del río Tabacay es de suma importancia para la ciudad de Azogues y un sector rural ya que sus aguas son aprovechadas por la empresa municipal de agua potable y alcantarillado EMAPAL y varias juntas de agua.



Además, la microcuenca del Tabacay abastece con el 100% de agua a la ciudad de Azogues, la cual es utilizada para los sistemas de potabilización de las plantas de tratamiento de la ciudad.

La creciente explotación de recursos naturales en la microcuenca del río Tabacay en conjunto con el incumplimiento de las normas medioambientales necesarias para la construcción de obras civiles y servicios, se han convertido en una de las principales causas de degradación; el hecho de estar ubicadas en sitios con pendientes pronunciadas, no contar con medidas de conservación de suelos, y su proximidad a quebradas, hace que la subcuenca, se convierta en una activa fuente de sedimentos. Otra fuente de aporte de sedimentos son los caminos vecinales; su construcción se ha realizado sin tomar en cuenta parámetros básicos de conservación y existe una falta total de medidas de mitigación. Finalmente, una fuente potencial de sedimentos es la actividad ganadera en áreas con pendiente pronunciada, en donde se observa *reptaciones y micro- deslizamiento producido por sobre pastoreo*. Se estima que, de no tomarse medidas preventivas, en poco tiempo se podrían producir deslizamientos considerables. (Cajas, 2010)

Es importante entonces, estudiar la carga de sedimento en suspensión del cauce del río, y buscar una vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo, en la microcuenca del Río Tabacay; para lo que se considera fundamental realizar investigaciones que permitan a futuro obtener el potencial de la real producción de sedimento en áreas degradadas.



1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Estudiar la carga suspendida que arrastra el río Tabacay y vincularla con la cobertura vegetal de la zona y los usos del suelo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Establecer una red de monitoreo con estaciones convencionales, que permitan el aforo de caudales y muestreo de sólidos suspendidos del río Tabacay.
- b. Analizar y validar la información de sólidos suspendidos y de sedimentos del cauce obtenidos en las campañas de muestreo del Río Tabacay.
- c. Determinar el área de los distintos tipos de cobertura Vegetal y los usos del suelo en la microcuenca del Río Tabacay.
- d. Identificar Zonas de interés que influyan en la contaminación de sólidos suspendidos en el cauce del río Tabacay.



2. MARCO TEORICO.

2.1. Hidrología en ecosistemas de montaña.

El estado de conocimiento de la hidrología de montañas está en pleno desarrollo. Su avance está sujeto a la falta de información de los procesos hidrológicos en general y de manera particular al escaso conocimiento del estado original de los ecosistemas. Por otro lado, la intervención antrópica ha traído consecuencias negativas y han cambiado entre otros aspectos, el uso del suelo y su cobertura vegetal.

Las principales características de los ecosistemas de montaña que han permanecido en su estado natural, es la alta capacidad de almacenamiento de agua de los suelos y la protección que ejerce la vegetación en el suelo contra la lluvia, evitando así la erosión y secado.

Las cuencas de montaña son zonas de drenaje o captación donde se junta el agua de las montañas y corre río abajo para alimentar los ríos y los lagos, pero la presión del crecimiento demográfico, la deforestación, las prácticas agrícolas insostenibles, el cambio climático del planeta, entre otros están ejerciendo un gran peso y por lo tanto poniendo en peligro la escasa agua dulce disponible.

Uno de los principales problemas es el movimiento del agua de lluvia y la escorrentía superficial, desde la parte alta de la cuenca hasta la parte baja que promueve el desprendimiento y arrastre de partículas (sedimentos). Las zonas aradas o agrícolas no son las principales fuentes de producción de sedimentos, se deben considerar los caminos vecinales, movimientos de masas, erosión en cárcavas, erosión de márgenes, para evitar conclusiones erróneas de tasas de sedimentos. El aporte de las zonas cultivadas se da en menor proporción en función de las condiciones de manejo.

Bajo condiciones de lluvias que superan la capacidad de infiltración de los suelos, o de prácticas como deforestación, sobrepastoreo, quema, agricultura intensiva sin prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas, apertura de vías de comunicación, construcción de viviendas en zonas vulnerables, producen un daño que se observa en la erosión, los movimientos de masa, disminución de la cantidad y la calidad del agua y graves desequilibrios ecológicos.

Todo lo que ocurra en las cuencas hidrográficas de montaña repercute enormemente en las zonas bajas, pero el buen estado de la totalidad de la



cuenca hidrográfica depende de la prevención de la degradación ambiental en esas zonas.

Las especies protectoras de los ecosistemas de montaña son los bosques que deben ser conservados para disminuir los efectos que se mencionaron. La reforestación reduce la producción de sedimentos a corto y mediano plazo. Algunos estudios indican que para zonas en donde casi no hay cobertura, especies como el pino han dado buenos resultados. (Cajas, 2010)

2.2. Hidráulica de Sedimentos.

2.2.1. Análisis del Problema.

El caudal sólido transportado por la corriente de un río comprende (Aguirre, 1980):

- a. Unas partículas que ruedan y se deslizan sobre el fondo.
- b. Otras que ocasionalmente permanecen suspendidas, pero que normalmente se encuentran en el fondo, hasta que un núcleo de turbulencia de fuerte intensidad las recoge y las hace saltar.
- c. Por último, las partículas más finas que están en suspensión por acción de la turbulencia.

La clasificación de las formas de transporte en función de su carga, se encuentre generalizado entre los distintos autores, de la siguiente manera:

- **Carga de material del lecho**, aquella fracción de material transportado, cuyas características granulométricas y fisicoquímicas son equivalentes a las del lecho del río, y se considera debida a la erosión lineal en los propios cauces, siendo normalmente transportada por saltación o acarreo.
- **Carga de lavado**, es la constituida por partículas en general más finas que los materiales del lecho y que se asume que provienen de la erosión laminar y arroyos en la cuenca. Debido a su tamaño son transportados en suspensión.

2.2.2. Carga de sedimentos en suspensión.

Se inicia con la alteración de la cuenca, la cual tiene su origen en la erosión, fundamentalmente hídrica, que tiene lugar en la misma.

Su carga propiamente dicha es el resultado del trasporte de una porción de este material erosionado, tanto por las escorrentías de ladera, hasta llegar a los distintos tramos de la red de drenaje de la cuenca, como por los caudales de



creciente que circulan por estos últimos, una vez que los sedimentos los han alcanzado.

Por tanto, la carga total de sedimentos finos, que finalmente emite la cuenca, es función tanto de las características físicas de ésta (suelos, pendientes, morfología y vegetación), como de los volúmenes netos de escorrentía y de los caudales punta de crecida evacuados a la salida de la cuenca, que como se sabe están directamente condicionados con la presencia de eventos pluviométricos torrenciales en la misma. (Sendra, 2002)

2.2.3. Carga de los materiales del lecho.

Se encuentra precisamente en la posibilidad que éstos sean arrastrados o deslizados por la corriente del río o torrente.

Es conocido que una corriente circulando sobre un lecho formado por partículas sueltas, ejerce sobre éstas una fuerza tractiva que, cuando alcanza una magnitud suficiente, llega a ponerlas en movimiento. A las condiciones que hacen posible el inicio de dicho movimiento se las conoce como *críticas* y a los valores de las variables que presenta el flujo en dichos momentos, tales como la velocidad, el calado o el esfuerzo cortante (también conocida por tensión tractiva), se les define como *valores críticos*.

Una partícula aislada, para condiciones críticas, se encuentra en equilibrio entre las fuerzas desestabilizadoras de arrastre y de sustentación y las fuerzas estabilizadoras debidas a la gravedad y al entramado de las partículas. (Sendra, 2002)

2.2.4. Erosión del Suelo.

La erosión de los suelos constituye uno de los problemas ecológicos más importantes de la cuenca; consiste en el proceso de movimiento de las partículas de suelo por impacto de las gotas de lluvia y escorrentía superficial y su depósito en otro lugar.

La erosión es la pérdida de suelo probablemente por la ausencia de buenas prácticas de manejo de la cobertura vegetal y de conservación de suelos. La erosión del suelo crea problemas al reducir la humedad disponible en el suelo acentuando las condiciones de la aridez. En terrenos donde existe pendiente, en algún momento, ocurrirá suficiente acumulación de flujo superficial para causar una pequeña socavación, sacando las partículas de fondo e iniciando un proceso de erosión en cárcava.



En suelos desnudos, la salpicadura es el agente más importante para el desprendimiento. El suelo además se disgrega por procesos de meteorización y se altera por laboreo y uso de terreno para ganado. Como consecuencia del proceso erosivo se generan pérdidas de la fertilidad del suelo, disminución del caudal, incremento de la escorrentía superficial, degradación de los suelos y desertificación.

Las pérdidas de suelo están estrechamente relacionadas con la lluvia, por el desprendimiento del impacto de las gotas al golpear el suelo y por la contribución de la lluvia a la escorrentía. (Cajas, 2010)

2.2.5. Problemas asociados con el transporte de sedimentos en los ríos

El transporte de sedimentos en los ríos se asocia con una amplia variedad de cuestiones ambientales y de ingeniería, que se exponen en la Tabla 2.2.4. (G. D. G. Edwards, 1999) Un término comúnmente utilizado es el “lavado de carga” para indicar que el sedimento se lava a través de la corriente y no se conforma fácilmente; este sedimento producido en suspensión puede ser material orgánico o inorgánico, salvo que se especifique, ambos tipos están comprendidos en las previsiones de sedimentos en suspensión. (Marquis, 2005).

Tamaño del Sedimento	Aspectos Ambientales	Problemas asociados a la ingeniería
Limos y Arcillas	La erosión, especialmente la pérdida de tierra vegetal en las zonas agrícolas; zanjas	
	Las altas cargas de sedimentos a los reservorios	Sedimentación en reservorio
	Embalse de sedimentación	Abastecimiento de agua potable
	El transporte de nutrientes químicos, metales, y compuestos orgánicos clorados	
	La acumulación de contaminantes en los organismos de la parte inferior de la cadena alimentaria (alimentadores de partículas)	



	Sedimentación de los lechos de desove de peces y una perturbación del hábitat (por erosión o sedimentación) para organismos bentónicos	
Arena	Lecho del Río y erosión de las orillas	Depósito de canal de río: problemas de navegación La inestabilidad de secciones transversales de los ríos.
Grava	La inestabilidad del canal cuando existe dragado para el agregado	La inestabilidad del cauce del río conduce a problemas de navegación y control de inundaciones

Tabla 2.2.5. Problemas asociados con el transporte de sedimentos en los ríos
FUENTE: (G. D. G. Edwards, 1999)

2.2.6. Tamaño de Partículas.

El conocimiento del tamaño de las partículas que componen la carga suspendida es un requisito previo para la comprensión de la fuente, el transporte y, en algunos casos, para el impacto ambiental a causa de la sedimentación. Cuando usamos el termino tamaño de partículas no referimos a su diámetro, aunque pocas partículas son esféricas, el término no es estrictamente correcto. El tamaño de partícula se determina pasando una muestra de sedimento a través de una serie de tamices, cada tamiz debe ser más fino que el precedente. (Marquis, 2005)

No existe una escala universalmente aceptada para la clasificación de partículas de acuerdo con su tamaño. En América del Norte la Escala de Grado Wentworth (Tabla 2.2.6.) se utiliza comúnmente; en otras partes, se prefiere la Escala Internacional de Grado. Existen pequeñas diferencias entre las dos. (G. D. G. Edwards, 1999)

Descripción	de	Tamaño de las partículas	Propiedades	de
-------------	----	--------------------------	-------------	----

Partícula	(mm)	cohesión
Adoquín o Guijarro	256-64	no cohesivos
Grava	64-2	
Arena muy gruesa	2-1	sedimentos no cohesivos
Arena gruesa	1-0.5	
Arena media	0.5-0.25	
Arena fina	0.125-0.063	
Limo	0.062-0.004	sedimento cohesivo
Arcilla	0.004-0.00024	

2 **Tabla 2.2.6.** Clasificación de partículas por el tamaño, según la Escala Wentworth
FUENTE: (Edwards, T.E., 1999)

Dado que el tamaño de malla más pequeña que se comercializa por tamices es de aproximadamente 40 micras, los tamaños de arcilla y partículas de limo no pueden ser determinados por tamizado ni por técnicas de sedimentación, razón por la cual se utiliza la ecuación semi-empírica conocida como la Ley de Stokes.

El límite entre la arena y el limo (62 micras), separa los sedimentos de gránulo grueso (arena y partículas más grandes) de sedimentos de grano fino (partículas de limo y arcilla). Los sedimentos de grano grueso no son cohesivos, mientras que los sedimentos de grano fino son cohesivos, es decir, las partículas se pegan el uno al otro, y esto tiene importantes consecuencias físicas para la calidad de los sedimentos. (Urgilez, 2016)

En sedimentología y los programas de calidad del agua, han adoptado una convención que considera que las partículas de materia se las puede clasificar como sólidos suspendidos, cuando éstas midan más de 0,45 micras de diámetro, las más pequeñas se consideran partículas disueltas. Este límite no es del todo válido ya que las partículas de arcilla y limo pueden ser mucho menores a 0,45 micras, pero en la práctica es conveniente dicho criterio, porque los filtros de membrana estándar de 0,45 micras de diámetro se pueden usar para separar partículas en suspensión de los sólidos disueltos. (G. D. G. Edwards, 1999)



2.3. Cobertura Vegetal y Usos del Suelo.

2.3.1. Cobertura Vegetal

A la cobertura Vegetal se le puede definir como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos. (Bennett, 1999)

2.3.1.1. Cambios en la Cobertura Vegetal.

El cambio en la cobertura vegetal es un componente importante en el estudio de cambio ambiental global. La naturaleza dinámica de patrones de cobertura vegetal/uso de suelo y sus cambios, es un fenómeno que afecta muchos procesos ecológicos y biofísicos, tales como la estructura trófica, la composición de las especies y su dispersión, los patrones climáticos, y la estabilidad hídrica. Además, en regiones tropicales, los cambios de cobertura vegetal (especialmente la deforestación) es una de las amenazas más graves a la biodiversidad. (Heckadon, 1999)

Al considerar la acción humana dentro de la cuenca, se observa que la remoción de cobertura vegetal, entre otros parámetros (ausencia de controles de aguas servidas y de programas de manejos de los suelos), constituye una variable relacionada con las peores condiciones socio-ambientales en aquellos sectores donde se presenta un aumento descontrolado de la población e infraestructuras (Heckadon, 1999) (Maza, 2009).

2.3.2. Usos del Suelo

El término uso del suelo se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos (López, 1999).

En los últimos 20 años, ha resurgido la importancia verdadera y real que tiene la conservación de los recursos naturales, y como componente de éstos el recurso suelo como fuente de producción de alimento para la humanidad. (S. Dalence, 1999)

2.3.2.1. Capacidad de uso del Suelo.



Es la determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo. (A. Klingebiel, 1961) (Maza, 2009)

2.3.3. Importancia de conservación del Suelo

Las estrategias para la conservación del suelo deben basarse en la cobertura vegetal para darle protección contra las gotas de lluvia, capacidad de infiltración para reducir la escorrentía, estabilidad de los agregados y aumento de la rugosidad para reducir la velocidad de la escorrentía y del viento.

Se reconocen dos técnicas de posible aplicación: las medidas agronómicas y los métodos mecánicos. Las medidas agronómicas utilizan la vegetación para proteger el suelo frente a la erosión; en cambio los métodos mecánicos incluyen desde la modificación de la topografía hasta el encauzamiento del agua y del aire. Generalmente se da preferencia a las medidas agronómicas ya que son menos costosas y permiten reducir los impactos de la lluvia, aumentar la infiltración, reducir el volumen de la escorrentía y minorar las velocidades del agua y del viento. Los métodos más utilizados son los cultivos a nivel en donde labrando, sembrando y llevando el cultivo a nivel se puede reducir las pérdidas de suelo de los terrenos en pendiente. Otro método, son las terrazas que tienen por objeto interceptar la escorrentía superficial y transportarla con velocidad no erosiva hacia una salida adecuada y para acortar la longitud de la pendiente (Cajas, 2010).

2.3.3.1. Manejo de los cultivos y la vegetación

Como se mencionó anteriormente las cubiertas vegetales son muy utilizadas para disminuir la erosión del suelo, pero se debe evitar los cultivos en línea ya que producen mayores problemas erosivos debido a los espacios que dejan. Una forma de evitarlos es el uso de los mismos combinados con otras medidas de protección como (Morgan, 1997) (Cajas, 2010):

2.3.3.1.1. Rotaciones de cultivo

El uso de los cultivos en línea depende del grado de erosión que se presente; en el caso de riesgos de erosión bajos deben cultivarse una vez cada 2 años y para zonas de alta erosionabilidad se permite una vez cada 5 o 7 años. La disminución de erosión se logra mediante la rotación de parcelas sobre las que se desarrollan los cultivos.



El manejo de pastizales consiste en el desplazamiento del ganado de un pasto a otro para permitir la recuperación de cada uno de ellos, y evitar el sobrepastoreo que pueden causar problemas de erosión. En áreas montañosas donde la tala de árboles ocasiona deslizamientos y formación de cárcavas, la mejor práctica de conservación son las talas selectivas, donde se eliminan arboles adultos y los restantes brindan cobertura vegetal.

2.3.3.1.2. Cultivos de cobertura

El uso de estos cultivos es una medida de conservación durante las épocas donde no existen otros cultivos. Este procedimiento es efectivo si se provee de cobertura vegetal de una manera rápida y permita mejorar la macro porosidad del suelo.

Otro uso de la cobertura vegetal es bajo los cultivos arbóreos, donde se protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia.

2.3.3.1.3. Policultivo

Además de evitar la erosión, aumenta la producción de las tierras. Consiste en intercalar dos o más especies durante el año o sembrar dos o más especies en la misma parcela al mismo tiempo. Se busca combinar especies que proporcionen mayor capacidad de interceptación, reduciendo el desprendimiento de partículas de suelo debido al impacto de las gotas de lluvia.

2.3.3.1.4. Mulching

Es la cobertura del suelo con residuos inertes de cultivos. Proporciona protección ante el impacto de las gotas de lluvia y reduce la velocidad de la esorrentía y viento. Su aplicación es de mayor importancia en las zonas áridas. El uso del mulching en la protección de la erosión en general sea eólica o hídrica puede ser apropiado si es combinado con laboreo de conservación.

2.3.3.1.5. Revegetación

El control de erosión en cárcavas, deslizamientos de tierra, dunas, taludes, áreas de construcción y escombreras es más eficaz con la revegetación, sin olvidar las áreas de bosque taladas. Para la ejecución de este procedimiento se requiere conocer las características del suelo, condiciones climáticas, topografía, entre otras.



Con la revegetación se logra aumentar la infiltración, lo que ayuda a disminuir la erosión en las cárcavas de las superficies, y reducir la escorrentía superficial. Se puede estabilizar la tierra y evitar la entrada de sedimentos a la cárcava.

2.4. Calidad del Agua.

La calidad del Agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores fisicoquímicos tales como: sólidos totales, turbiedad, PH, color verdadero, conductividad, entre otros. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores. Ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y contaminantes que no están presentes de forma natural. (Reyes, 2006)

2.4.1. Factores fisicoquímicos determinantes de la calidad del recurso hídrico.

2.4.1.1. Sólidos Totales, Suspendidos, Disueltos y Conductividad.

La medida de sólidos totales incluye sólidos disueltos y sólidos suspendidos. Los materiales disueltos e inorgánicos incluyen calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato y otros. Un nivel constante de estos materiales es esencial para el mantenimiento adecuado de la vida acuática. Por otro lado, los sólidos suspendidos incluyen partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, plancton, y desechos industriales y de drenaje. (García, 2003)

2.4.1.2. Turbiedad.

Es un estimador simple de los sólidos en suspensión, Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en una columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna y viceversa. Está relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos, cobertura del suelo, y periodos de muestreos, entre otros. (OMS, 1998)

2.4.1.3. PH y alcalinidad.

Es la concentración relativa de los iones de hidrógeno en el agua, e indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. La actividad del ion hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de los otros constituyentes presentes en el agua; la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales. (OMS, 1998)



2.4.1.4. Color Verdadero.

El color verdadero puede estar ligado a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. (Barrenechea, 2004)

Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, entre otros. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas (Sucuzhañay, 2017):

- La extracción acuosa de sustancias de origen vegetal;
- La descomposición de la materia;
- La materia orgánica del suelo;
- La presencia de hierro, manganeso y otros metales.

2.4.2. Relación entre sólidos suspendidos y turbiedad

Los sedimentos en suspensión se expresan como la concentración en agua usando partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/l) de forma intercambiable para expresar la instantánea concentración en un punto dado. Otro término usado es carga de fondo y se usa para describir la existencia de demasiada sedimentación que no permite mantenerse al sedimento suspendido en el agua que fluye; este conjunto de material rebota a lo largo del fondo del arroyo. El tamaño de las partículas que componen la carga de fondo varía con el caudal, la velocidad de las partículas, la densidad y la forma entre otros factores. El rendimiento total de sedimentos incluye tanto rendimiento en suspensión y carga de fondo. (Marquis, 2005)

Otro tema importante es el efecto que causa la turbiedad ya que ésta reduce la fotosíntesis en plantas acuáticas; tal impacto se produciría sólo si la turbiedad es alta, de tal manera que hay que limitar los sedimentos en el agua para salvaguardar el futuro de nuestros recursos hídricos. (Urgilez, 2016)

2.5. Aspectos Generales de los Procedimientos Hidrométricos.

La base sobre la cual se apoyan los estudios para el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos son las mediciones de cada una de las variables que involucra el ciclo hidrológico. La mayor parte de información hidrológica directa se obtiene en puntos de observación y medición, ubicados



en ríos y/o cuerpos de agua, denominados estaciones hidrométricas, el conjunto de estos puntos constituye una red.

En las estaciones hidrométricas se toma información del cuerpo de agua relativa a nivel, caudal y sedimentos. Para las mediciones del nivel del agua se utilizan dos tipos de instrumentos: los de lectura directa y los registradores continuos. Para la medición de las velocidades de las corrientes se emplean los molinetes, en ciertos casos se usan flotadores y trazadores como sales, colorantes y radioisótopos, entre otros. (C.V.C., 2005)

2.5.1. Aforo Líquido

Es un procedimiento que consiste en realizar una serie de mediciones en campo que permiten posteriormente calcular el caudal de una corriente. Este caudal debe estar asociado a un nivel del agua.

El caudal puede medirse por diferentes métodos. La elección del método de aforo depende de las condiciones específicas de cada sitio; la mayoría de estos métodos están basados en la medición de la velocidad y el área en una sección transversal determinada. (C.V.C., 2005)

Se define el caudal como el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal de una corriente en unidad de tiempo; generalmente se expresa en (m^3/s) o (l/s) .

Existen varios tipos de aforo líquido, a continuación, se enlistan unos ejemplos:

- Aforo por suspensión
- Aforo por Vadeo
- Aforo por Flotadores
- Aforo Mediante Estructuras Hidráulicas (Sección Trapezoidal, entre otras)

2.5.2. Aforo Sólido

El aforo sólido es el procedimiento de campo que permite determinar la cantidad de sedimentos en suspensión, asociados a un caudal líquido, que transporta una corriente en un instante determinado.

Por conveniencia, el caudal de sedimento se divide en dos categorías: caudal o transporte de sedimentos en suspensión y caudal o transporte de sedimentos



de fondo. Este último consiste en el salto, rodamiento o deslizamiento de las partículas en el lecho o cerca de él.

Numerosas mediciones de los caudales líquidos y sólidos sirven para la obtención de las relaciones entre estas dos variables, de tal manera que se pueda estimar el peso de los sedimentos que por unidad de tiempo puede estar transportando el cuerpo de agua. (C.V.C., 2005)

El caudal sólido se puede expresar en las mismas unidades del caudal líquido o en unidades de masa por unidad de tiempo: (Kg/s) , $(ton/año)$, etc.

2.6. Sistema de información Geográfica (SIG)

Los SIG ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital. (Sendra, 1992)

El SIG es un programa diseñado para la delimitación de cuencas, la misma que se la realiza mediante la interpretación de los mapas cartográficos; este proceso ha ido evolucionando con la tecnología. En la actualidad proporcionan una amplia gama de aplicaciones y procesos que, con entender los conceptos y teoría, se puede realizar de una forma más sencilla y rápida el análisis y delimitación de una cuenca mediante los programas disponibles para SIG. (Gutiérrez, 2000)

2.6.1. Determinación de la Cuenca y Subcuencas Hidrográficas mediante el uso de sistema de información geográfica.

El Sistema de Información geográfica (SIG), como conjunto de herramientas informáticas que permite procesar información digital georreferenciada y permite desarrollar, almacenar, desplegar, consultar, analizar y modelar datos geoespaciales, se puede utilizar para generar la información base para la toma de decisiones forestales, agrícolas, sociales y territoriales.

Posteriormente, mediante el procesamiento de capas temáticas se genera información cuantitativa para realizar diagnósticos en cuencas hidrográficas, que permitan determinar dónde y por qué se está produciendo el fenómeno erosivo.



2.6.2. Los Sistemas Integrados de Gestión como una herramienta para la toma de decisiones.

Desde ya varias décadas el Instituto Geográfico Militar (IGM) ha venido llevando a cabo varias actividades y proyectos con la finalidad de lograr un mayor conocimiento para el mejor uso de los recursos naturales presentes en el territorio nacional mediante la utilización de Sistemas de Información Geográficos (SIG); pero en los últimos años con el avance de la tecnología distintas instituciones se han sumado a esta actividad para generar mapas con información Geografía y Cartografía de nuestro país. (IGM, 2016; USGS, n.d.)

Esto ha permitido que los diferentes Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) cuenten con información a una escala 1:25.000, siendo ésta una herramienta esencial para una mejor planificación y desarrollo a nivel local y nacional, además de brindar conocimiento sobre el estado de conservación de áreas naturales protegidas, bosques protectores, patrimonio forestal y áreas de bosque y vegetación nativas; facilita la prevención de desastres naturales y enfermedades a través de la identificación de zonas de riesgo, y por último permite el acceso a programas de reforestación y al mercado internacional de bonos de carbono. (Sucuzhañay, 2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Área de Estudio.

3.1.1. Ubicación política.

La microcuenca del río Tabacay se encuentra en los límites del cantón Azogues, capital de la provincia del Cañar, en Ecuador. Se divide en 2 parroquias: Guapán y Bayas.

3.1.2. Ubicación Geográfica y extensión.

La microcuenca del río Tabacay pertenece a la subcuenca del río Burgay, cuenca del río Paute y se encuentra entre los cuadrantes 737700 - 748230 Este y 9698000 - 9709300 Norte (**Figura 3.1.2.1.**). Posee un rango de altitud que va desde los 2490 a los 3730 metros sobre el nivel del mar. Sus principales afluentes son las quebradas Llaucay, Nudpud, Cóndoryacu, Rosario, Mapayacu y Rubís. (Fig. 6) La microcuenca tiene una superficie de 6650 hectáreas (66.5 Km^2).

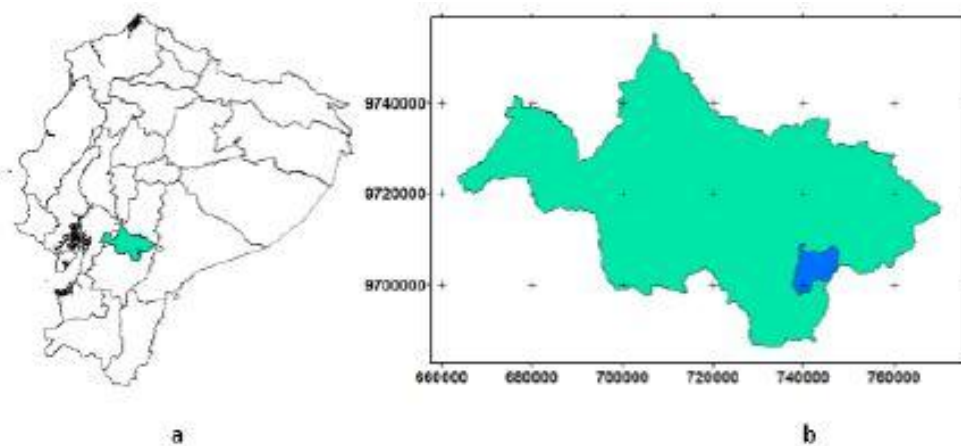


Figura 3.1.2.1.

- a) Provincia del Cañar
- b) Microcuenca del río Tabacay dentro de la provincia de Cañar (Autor)

Fuente: (EMAPAL EP, 2003)

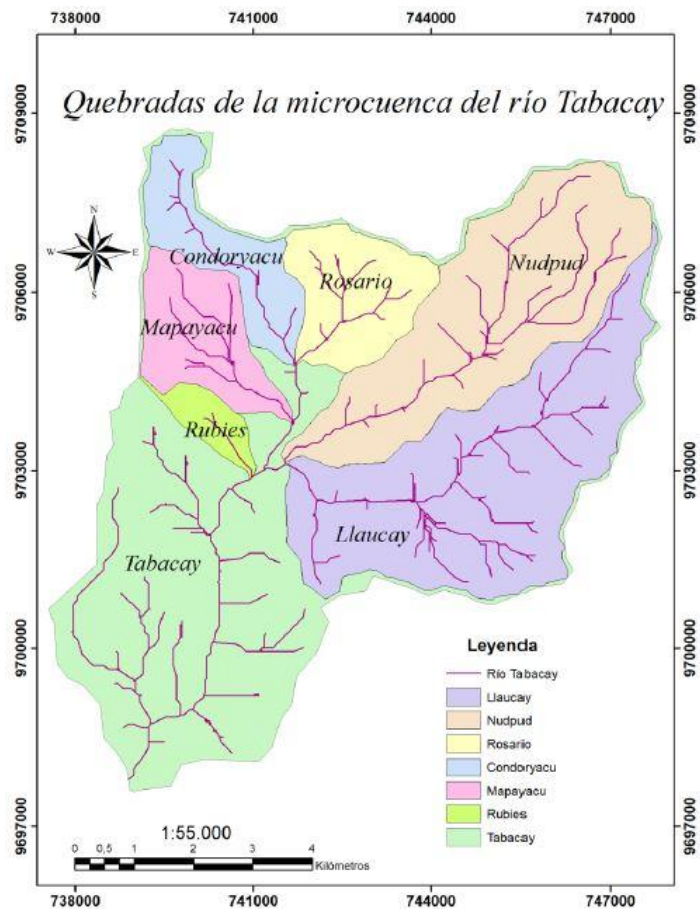
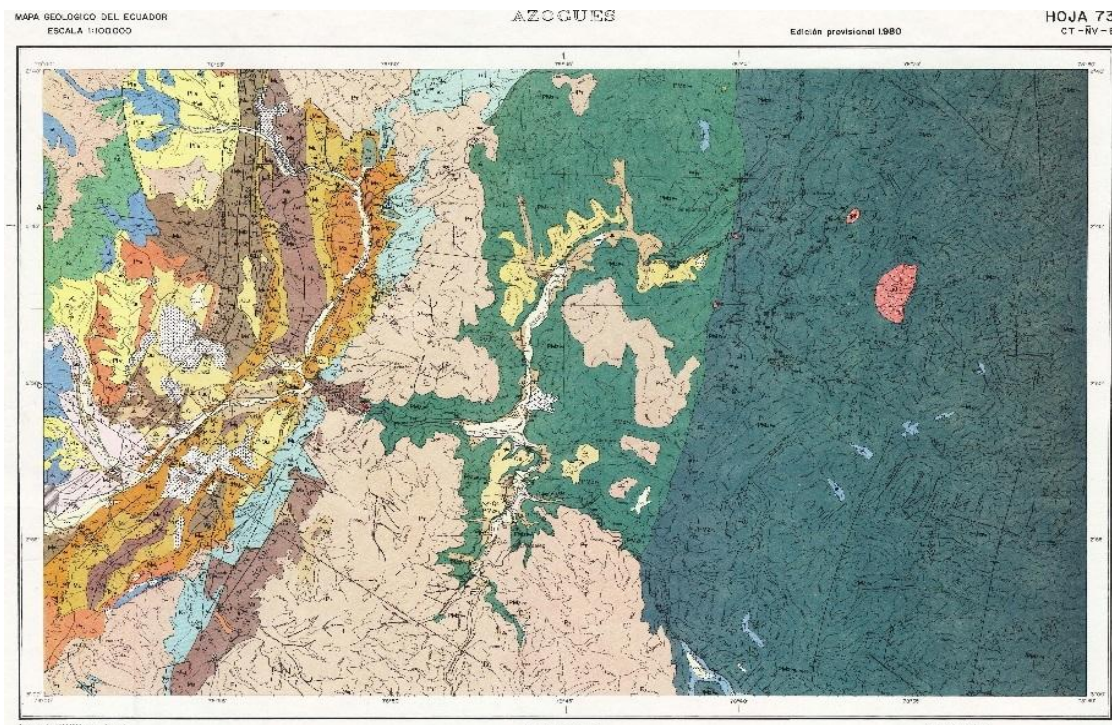


Figura 3.1.2.2. Quebradas de la microcuenca del río Tabacay
Fuente: (EMAPAL EP, 2003)

3.1.3. Geología de la microcuenca del Río Tabacay.

La geología de la micro-cuenca del río Tabacay basada en la carta geológica del Ecuador está en la hoja (ÑV – E73) de Azogues (escala 1:100000), presenta varias formaciones geológicas, depósitos aluviales, coluviales y terrazas que son atravesadas por el río (Ver Figura 3). La composición geológica está establecida por la investigación del proyecto PRECUPA. (PRECUPA, 1998)



3 **Figura 3.1.3.** Carta Geológica Azogues
FUENTE: (PRECUPA, 1998)

Para la información geológica de la zona, se utilizó la carta geológica del Ecuador (ÑV-E 73) Hoja de Azogues a escala 1:100000, la zona de interés se encuentra en el cuadrante: Longitud 78°45' a 78°55' y Latitud 02°40'a 02°45' con una superficie de la microcuenca de 6650 hectáreas. En la Geología de la zona predomina las formaciones: Tarqui, Yunguilla, Guapán, Azogues, con depósitos aluviales, bentonita y travertino; este último provee cantidades considerables de caliza para la producción de cemento de la industria Guapán, es por ello que en la zona existe presencia de canteras.

3.1.3.1. Geología en Estaciones de Muestreo

- **Estación 1, 2 y 3.** La formación dominante es la Tarqui P_T perteneciente a la era del cuaternario y periodo pleistoceno, con una potencia de aproximadamente 1000m. Conformada por rocas que son piroclásticas acidas, con presencia de lavas.



- **Estación 4.** La formación dominante es la Yunguilla K₇ perteneciente a la era del Paleozoico-Mesozoico, periodo cretácico y edad de Mastrichtiano, con una potencia aproximada de 1200m. Con una litología predominante de argilita negra, pasando a arcillas cafés oscuras o negras. La silicificación es común en varios niveles, encontrándose depósitos de caliza y concreciones carbonatadas en toda la secuencia. Areniscas y capas guijarrosas fosilíferas son observadas en la zona, así como lavas andesíticas. También cerca del lugar pasa una falla inferida
- **Estación 5.** Esta entre la formación Tarqui P_T que tiene una potencia de 1000m y la formación Yunguilla K₇ que tiene una potencia de 1200m, atraviesa la misma falla inferida de las dos formaciones; una falla es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques, paralelos a la fractura. Esencialmente, una falla es una discontinuidad que se forma debido a la fractura de grandes bloques de rocas en la tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas.
- **Estación 6.** Está en la formación Yunguilla K₇ y cerca de presencia del travertino Tv; el travertino es de origen parcialmente biogénico compuesto de calcita, aragonito y limonita, de capas paralelas con pequeñas cavidades de color amarillo y blanco, translúcida y de aspecto suave y agradable, es una roca sedimentaria que contiene depósitos de carbonato cálcico y originada hace millones de años; se utiliza como piedra ornamental con una belleza única y atemporal, gran parte de los monumentos e iglesias de la antigua Roma están contruidos con travertino. En zonas kársticas formadas por esta roca, el agua la disuelve y se carga de carbonato de calcio y por ende se da la formación de simas y cuevas, pero dicho mineral también se puede depositar posteriormente en distintas formaciones, entre ellas las conocidas

estalactitas y estalagmitas. El travertino también se forma en determinadas condiciones, como en aguas termales o en cascadas

- **Estación 7 y 8.** Se encuentra en la formación Yunguilla K₇ de 1200m; en esta estación se puede evidenciar la presencia de filita, cerca de una falla inferida. La filita forma parte del grupo de las rocas sedimentarias pelíticas (lutitas), es un tipo de roca metamórfica intermedia entre la pizarra y el esquisto. Se compone de minerales en forma de placas, puede distinguirse con facilidad por su brillo satinado y su superficie ondulada. La filita normalmente muestra pizarrosidad y está compuesta fundamentalmente por cristales muy finos de moscovita (roca ígnea), clorita o ambas y por lo general exhibe exfoliación.
- **Estación 9.** Está en la formación Guapán M_G perteneciente a la era del terciario periodo mioceno y vinculado al grupo Azogues, con presencia de bentonita; la formación Guapán M_G tiene una potencia de aproximadamente 100m, se puede observar también presencia de filita. El paso de una falla geológica es evidente en esta estación. La formación Guapán ha sido confundida con la formación Loyola por su litología similar, pero las capas de la formación Guapán tienden a ser ligeramente más gruesas. Esta formación pertenece al grupo Azogues y data del Mioceno Medio.
- **Estación 10.** Se encuentra entre la formación Guapán M_G que pertenece al grupo azogues y el depósito aluvial, perteneciente a la era del cuaternario del periodo del holoceno.
En las estaciones 6 y 7 predomina la formación Guapán y en ésta se observa la presencia de bentonita. La bentonita es una arcilla de grano muy fino (coloidal) del tipo de montmorillonita, y tiene aplicaciones en cerámica, entre otros usos. La bentonita es una roca compuesta por más de un tipo de minerales, aunque son las esmectitas sus constituyentes esenciales y las que le confieren sus propiedades y características. Los

productos comerciales de bentonitas se clasifican en términos generales como:

- Bentonita sódica: Es una montmorillonita que se encuentra en forma natural y que contiene un alto nivel de iones de sodio. Se hincha al mezclarse con el agua.
- Bentonita cálcica: Es una montmorillonita en la que el catión intercambiable predominante es el calcio. No exhibe la capacidad de hinchamiento de la bentonita sódica, pero tiene propiedades absorbentes.

Del análisis de la geología de la microcuenca, se observa un predominio de la formación Yunguilla, sobre todo en la parte alta del río; esta formación está constituida por suelos del tipo “vertisoles”, de características muy particulares. (Urgilez, 2016)

3.1.4. Caracterización biofísica de la microcuenca.

3.1.4.1. Principales Cauces

La tabla 3.1.4.1., muestra los principales cauces de la microcuenca de Río Tabacay con sus respectivas características.

Microcuenca	Área (km^2)	Perímetro (km)
Cóndoryacu - Rosario	10,57	19,46
Llaucay	17,32	23,78
Mapayacu	3,97	10,94
Nudpud	13,45	19,75
Tabacay	21,09	21,6



3 Tabla 3.1.4.1. Características físicas de los cauces de la microcuenca.

FUENTE: (EMAPAL EP, 2003)

3.1.4.2. Condiciones Climáticas.

El clima de Tabacay es templado, existiendo variación en la parte alta; constantes vientos y páramos que hacen que el clima sea fresco y agradable, la temperatura media es de unos 17°C. (EMAPAL EP, 2003)

3.1.4.3. Topografía.

La topografía corresponde a un terreno montañoso ya que las pendientes superan en su mayoría el 12% de inclinación, predominando las pendientes mayores a 45%. Es por esto que en estas zonas se deberían excluir las prácticas agrícolas sin previa clasificación; pero los moradores hacen caso omiso a esta restricción. (Cajas, 2010)

Clase de Pendiente	Rango	Superficie (ha)	Porcentaje del Área
1	0 – 12%	411,18	6 %
2	12 – 30%	2026,16	31 %
3	30 – 45%	1681,37	25 %
4	>45%	2533,41	38 %

4 Tabla 3.1.4.3. Valores de pendientes en la microcuenca. Plan de Manejo de la microcuenca del Tabacay.

FUENTE: (EMAPAL EP, 2003)

3.1.4.4. Suelos

Existe una variedad a lo largo de toda la cuenca del Río Tabacay. En la parte baja predomina la caliza, material explotado para la elaboración de cemento y en la parte alta el suelo es de origen volcánico debido a la acumulación de ceniza volcánica. El suelo ha sido degradado continuamente por la actividad humana y sus pendientes influyen en el aumento de erosión.

Las presencias de estos grupos de suelos en la cuenca son de gran importancia debido a la función ambiental que realizan al permitir la regulación del ciclo hidrológico que se atribuye a los suelos del tipo Andosol que están

localizados en las partes altas y frías de la cuenca. Estos suelos están originalmente cubiertos permanentemente con pajonal o bosques nativos. (Cajas, 2010)

3.1.4.5. Agua

La erosión en la quebrada **Mapayacu** causa una carga muy alta de sedimentos en el curso de agua que repercute en la calidad del líquido para ser utilizado aguas abajo.

Esto impide la utilización del líquido vital ya que fácilmente podría ocasionar la sedimentación en canales de riego y conducciones de agua para consumo humano. Además, ocasiona inestabilidad debido a la presencia de depósitos de sedimentos que son removidos en cada creciente, cambiando constantemente el cauce del río. (Cajas, 2010)

3.1.4.6. Usos de suelos

En la parte baja de la cuenca, se usan tierras no aptas para la labranza para obtener cosechas de cultivos anuales principalmente maíz; aquí la erosión por labranza es muy elevada. Como se observa en la Foto 3.1.4.6, los bosques predominantes están formados por especies exóticas como el eucalipto que constituye una especie muy agresiva y que puede ocasionar daños significativos al recurso suelo ya sea por concentración de la erosión debido al impacto sobre el suelo de gotas de lluvia de gran tamaño, como por el incremento de sustancias residuales tóxicas.





1 **Fotografía 3.1.4.6.:** Presencia de eucalipto en la microcuenca.

Fuente: Autor

La práctica de la agricultura genera alteraciones propias por no existir medidas de protección anti-erosivas, además de la carga animal causante del sobre pastoreo que produce reptaciones y deslizamientos o movimientos de masa.

Los cultivos más frecuentes en la microcuenca son: cultivos de ciclo cortos y pastos con valores de 56% y 25% respectivamente en la zona baja de microcuenca. Los sistemas combinados frutales/hortalizas y frutales/pastos presentan valores >50% del área, en la parte media. Los bosques y los pastizales son también muy representativos. Los cultivos anuales son menos comunes. Y por último en la parte alta predominan los pastos con un valor de 70% y la presencia de bosques con chaparros en un 16%. Los cultivos anuales no son muy comunes (3.9%). (Cajas, 2010)

3.2. Obtención de datos.

3.2.1. Estaciones Hidrométricas.

La primera visita de campo realizada el 17 de mayo de 2017, tuvo como objetivo el reconocimiento de la microcuenca, para ubicar las estaciones de monitoreo antes establecidas (Urgilez, 2016). Donde se tomaron en consideración aspectos como: agricultura en el páramo, invasión de los márgenes del río por ganado vacuno, crecimiento urbanístico sin planificación con desechos domésticos descargados en el río, explotación de áridos en los márgenes del río, falta de control y vigilancia de desechos industriales. Estos criterios junto con los procesos naturales de erosión, permitieron definir diez estaciones de monitoreo, que muestren un cambio en el transporte de sólidos suspendidos a lo largo de su curso.

3.2.1.1. Requerimientos para la selección de la sección de Aforo.

El sitio seleccionado para efectuar los aforos deberá cumplir, tanto como sea posible, son los siguientes requerimientos (C.V.C., 2005):

- a. El canal en el sitio de medición debe ser recto y tener sección transversal uniforme y una pendiente que minimice las distribuciones anormales de velocidad.



Nota: cuando la longitud del tramo recto del río es limitada, para hacer las mediciones con molinetes u otros métodos de determinación de velocidad se debe ubicar la sección de tal manera que la longitud aguas arriba sea por lo menos dos veces la de aguas abajo.

- b. Las direcciones de flujo para todos los puntos en cualquier vertical a través del ancho del cauce deben ser paralelas unas a otras y perpendiculares a la sección transversal. Los sitios que presenten vórtices, flujo reversible o zonas muertas deben ser rechazados.
- c. El lecho y las márgenes del río deben ser estables y bien definidas para todas las condiciones del flujo, de tal manera que se pueda hacer una medición precisa del área de la sección transversal.
- d. Las curvas de distribución de velocidades deben ser regulares en los planos verticales y horizontales de medición.
- e. Las condiciones de la sección y de su entorno no deben ocasionar cambios en la distribución de la velocidad durante la medición.
- f. La sección de medición debe ser claramente visible a través del ancho y no debe presentar obstrucciones como árboles, plantas acuáticas u otros. Cuando se afora desde un puente con varios estribos que dividen la sección transversal cada subsección del canal debe ser tratada individualmente.
- g. El sitio debe tener fácil acceso en todo momento y contar con los equipos necesarios de medición.
- h. La sección debe estar ubicada lejos de estaciones de bombeo y vertimientos. Si estos operan durante las mediciones, probablemente crearan condiciones inconsistentes con la relación natural Nivel – Caudal que se tiene para la estación.
- i. Los sitios donde hay convergencia o divergencia de flujo deben descartarse.

En donde sea necesario hacer mediciones en cercanías de un puente, es preferible que el sitio de aforo esté ubicado aguas arriba del mismo.



3.2.1.2. Estaciones Elegidas.

La primera estación, comienza aguas arriba en la quebrada Rosario cerca de la antigua captación de Cóndoryacu, culminando con la décima estación antes de la unión con el río Burgay, cerca de la Subestación Tabacay EEA.

Estación	Descripción	Coordenadas UTM		
		x	y	z
1	Quebrada el Rosario. Vía Molobog - Chico (km 11.4)	742396	9706298	3160
2	Captación de Rosario	742364	9705492	3020
3	Captación de Cóndoryacu	741591	9704642	2880
4	Unión Río Tabacay - Q. Mapayacu	741347	9703604	2810
5	Unión Río Tabacay - Q. Nudpud	741036	9703115	2760
6	Puente Iglesia San Antonio	740389	9702530	2690
7	Puente vía a San Antonio	740328	9701509	2640
8	Vía a San Antonio (La Iguana)	740328	9700512	2590
9	Población Leg Tabacay	740048	9699285	2530
10	Antes de Subestación Tabacay EEA	739691	9698888	2480

Tabla 3.2.1.2. Estaciones de Monitoreo y ubicación Geográfica.
FUENTE: El Autor

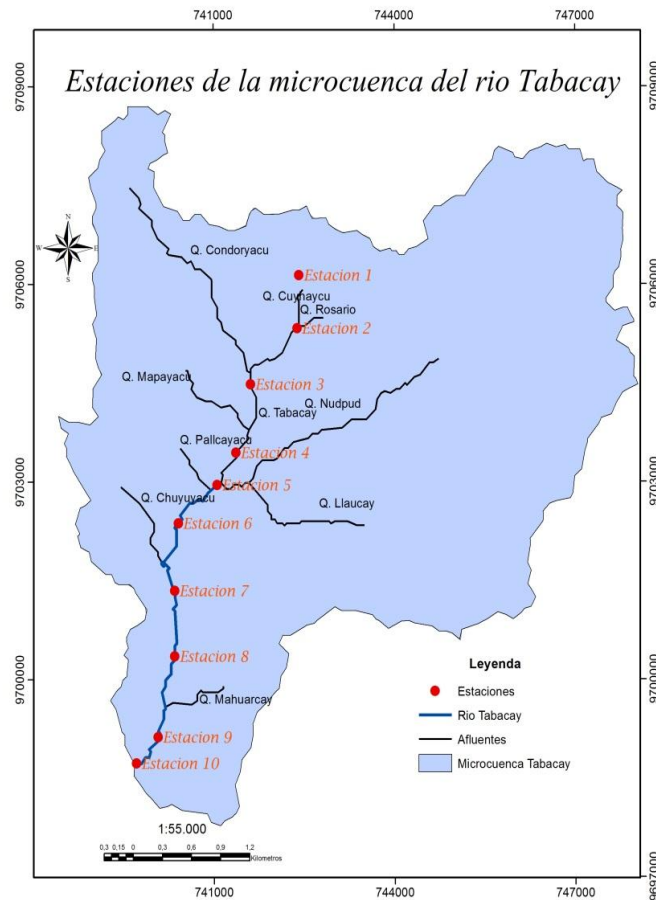


Figura 3.2.1.2. Puntos de monitoreo emplazados en mapa georreferenciado
FUENTE: El Autor

3.2.2. Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción del material cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño de fácil transporte y manipulación en el laboratorio, sin que por ello deje de presentar con exactitud al material donde procede, es decir la muestra debe ser representativa de la zona que se quiere evaluar; este objetivo implica que la proporción o concentración relativa de todos los componentes serán las mismas en las muestras que en el material de donde proceden, y que dichas muestras serán manejadas de tal forma que no se produzcan alteraciones significativas en su composición antes de que se hagan las pruebas correspondientes. (W.P.C.F., 1989)



Para análisis de muestras recogidas en un río, los resultados pueden variar según la profundidad, la velocidad de la corriente, la distancia a la orilla y la separación entre ambas orillas. Si se dispone del equipo adecuado, se hará una toma integral desde la superficie al fondo en la zona media de la corriente o de un lado al otro a una profundidad media, de forma que la muestra esté integrada en relación con el flujo. Si sólo puede hacerse una toma pequeña, se hará en el centro de la corriente a una profundidad media. (W.P.C.F., 1989)

3.2.3. Campañas de monitoreo.

En cada estación se conformó la muestra requerida para el tipo de ensayo según las especificaciones técnicas establecidas, y se midió el caudal; el muestreo entre estaciones considera el respectivo tiempo de paso, para evaluar la variabilidad espacial de la calidad. Un muestreo que incluye las diez estaciones, se denomina campaña de monitoreo.

Se realizaron ocho campañas, desde el 28 de mayo hasta el 16 de julio de 2017; las cuales fueron representativas de las diferentes condiciones climatológicas, aspecto de mucho interés para observar la variabilidad de la calidad con respecto a este factor ambiental.

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería, tomando las precauciones necesarias para mantener la integridad de las mismas, y continuar con los ensayos requeridos.

3.3. Métodos Hidrométricos.

La microcuenca del río Tabacay presentó en el período de estudio, caudales menores a $2 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que optar por el método del Flotador es adecuado para cauces pequeños, puesto que permite el ingreso de las personas para realizar las mediciones de la sección.

3.3.1. Aforo Líquido (Método por Flotadores)

Este método de aforo comúnmente se utiliza cuando es difícil o peligroso implementar el método de aforo por molinete o cuando la corriente es muy pequeña y no brinda las condiciones mínimas para la inmersión del mismo. Cuando esto ocurre, es necesario realizar el aforo por medio de flotadores para medir la velocidad superficial del flujo. En general se puede utilizar cualquier elemento natural que esté en condiciones de flotar.



Este método se aplica en corrientes medianas y pequeñas en un tramo que tenga forma recta, y del cual se conozca su longitud (se recomiendan distancias mayores o iguales a 30 m). Debe usarse la mayor cantidad de flotadores posible, que cubran todo el ancho del río en franjas proporcionales.

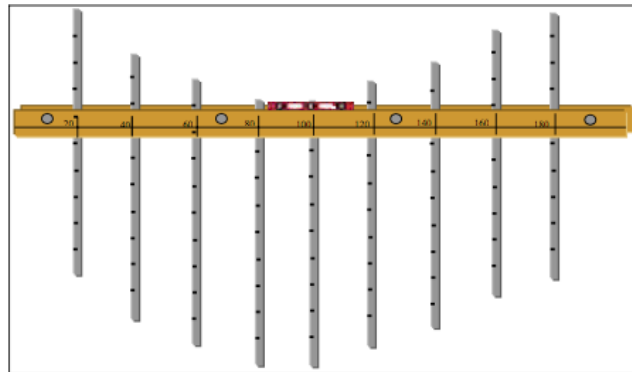
El equipo necesario para realizar un aforo de este tipo es el siguiente: flotadores, cinta métrica, cronómetro, formato para registro de datos de campo, radios portátiles. Se requieren dos técnicos. (C.V.C., 2005)

3.3.1.1. Procedimiento de aforo por método por flotadores.

El procedimiento para llevar a cabo un aforo por el método de flotadores es el siguiente:

- a. Registro de datos e información:** una vez ubicados los técnicos aforadores en el sitio de medición deben llenar los datos correspondientes al nombre de la corriente, la fecha, el nombre de los técnicos, la hora inicial (en formato sinóptico), el tipo de flotador utilizado y la cuenca hidrográfica.
- b. Selección de las secciones de medición:** se deben seleccionar dos secciones transversales en un tramo recto del curso de agua, las cuales deben estar lo suficientemente espaciadas entre sí de manera que sea posible medir con exactitud el tiempo necesario para que el flotador pase de una sección a la siguiente. Se recomienda un lapso de 20 s, aunque podrán emplearse intervalos más breves en el caso de ríos pequeños en los que sea muy difícil seleccionar un tramo recto de longitud adecuada y presenten altas velocidades de flujo.
- c. Medición de la distancia entre secciones transversales:** una vez que se han seleccionado las secciones convenientes se procede a medir la distancia entre ellas utilizando cinta métrica y, de ser posible, teodolito u otro tipo de instrumento para mejorar la precisión en la toma de los datos. La distancia se registra.
- d. Lanzamiento del flotador y medición del tiempo de recorrido entre secciones:** el flotador se debe lanzar aguas arriba a una distancia suficiente de la primera sección transversal para permitir que alcance una velocidad constante antes de llegar a ésta. Una vez el flotador la ha atravesado, se registra el tiempo que éste tarda en recorrer la distancia existente entre ésta y la sección siguiente. Este procedimiento se realiza con un número determinado de flotadores, los cuales se deben lanzar en diferentes posiciones sobre el ancho del río. Los datos correspondientes al tiempo utilizado por cada flotador se registran en campo.

- e. **Determinación de la forma de las secciones transversales:** la forma de las secciones transversales se establece por medio de levantamientos topográficos realizados con equipos de precisión. En caso de que la corriente sea pequeña y por lo tanto no se justifique el empleo de estos instrumentos, la forma y dimensiones de la sección transversal se pueden establecer mediante un perfilómetro de construcción artesanal como el que se muestra en la Figura 3.3.1.1.



4 **Figura 3.3.1.1.** Perfilómetro para medición de Secciones Transversales.
FUENTE: (C.V.C., 2005)

- f. **Cálculo del caudal:** con los datos recolectados en campo se realiza el cálculo del caudal, prestando atención a la determinación de la velocidad media, la cual se calcula con base en las observaciones hechas para cada uno de los flotadores utilizados. El valor de la velocidad se debe afectar por un coeficiente que depende del tipo de flotador (ver Cuadro No. 3.3). El caudal se determina como el producto de la velocidad media corregida y el área de la sección transversal.

Tipo de Flotador	Valor del Coeficiente
Superficial	0,84 a 1,0
Doble	1,00 (60% de profundidad)
	0,96 (50% de profundidad)
Otros	0,80 a 1,00



5 **Tabla 3.3.1.1.** Valores del coeficiente de corrección de la Velocidad Media para el método de flotador.

FUENTE: (ISO 748, 1997)

3.4. Métodos para la determinación de sólidos totales, sedimentables, disueltos y volátiles.

El término sólidos en general son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad de cualquier tipo de agua; existen algunas denominaciones para los sólidos entre ellas: sólidos totales que se refiere a la cantidad de residuos que quedan en un recipiente después de la evaporación de la muestra y su consecuente secado en estufa a temperatura definida; sólidos totales suspendidos representa la cantidad de sólidos retenida por un filtro y sólidos disueltos totales representa la porción que atraviesa el filtro. El tamaño de poro del filtro, así como su área y espesor son parámetros determinantes que afectaran a la separación de los sólidos suspendidos. Los sólidos sedimentables es el material que sedimenta después de un tiempo determinado. (Argañosa, 2013)

3.4.1. Determinación de solidos totales secados a 103 - 105°C.

Materiales: Cápsulas de porcelana; Estufa de secado (103-105 °C); Desecador; Balanza analítica; Pinzas metálicas; Probeta 50 ml.

- Agite la muestra invirtiendo el recipiente varias veces.
- De la muestra agitada, medir 100 ml
- Agregar a cada cápsula de porcelana, los 100 ml de muestra, introducir en la estufa a 103-105 °C, durante 4 horas o hasta que se evapore el agua.
- Transcurrido ese tiempo, se pasan las cápsulas al desecador alrededor de un tiempo máximo de 10 a 15 minutos, para asegurar que se enfríen.
- Se pesan las cápsulas una a una con los residuos sólidos, reportar los datos obtenidos.
- Calcular los sólidos totales en mg/L, mediante la siguiente fórmula:

$$mg \text{ de solidos totales}/L = \frac{(B-A)*1000 \text{ mg/g}}{v}$$



Siendo:

A=peso de la cápsula de evaporación, g.

B=peso de la cápsula de evaporación + residuo tras evaporación a 105 °C, g.

V=volumen de la muestra, L.

3.4.2. Determinación de sólidos suspendidos

Materiales: papel filtro de 0,45 μ m, recipiente de 100 ml.

Se filtra 100 ml de muestra previamente agitada para levantar los sólidos suspendidos.

El papel que contiene el sedimento, se coloca en la estufa a 104°C. durante 4 horas hasta conseguir una desecación total.

Se saca de la estufa y se enfría en una cabina desecadora, donde el papel permanece por un lapso de 20 minutos.

Se pesa en balanza analítica de precisión.

3.4.3. Determinación de sólidos sedimentables

Materiales: Cono imhoof de 1 L; Bases para conos imhoof; Agitador largo de vidrio; Reloj.

- Mezclar la muestra original a fin de asegurar una distribución homogénea de sólidos suspendidos a través de todo el cuerpo del líquido.

Colocar la muestra bien mezclada en un cono Imhoof hasta la marca de 1L; dejar sedimentar 45 min, una vez transcurrido este tiempo agitar suavemente los lados del cono con un agitador, mantener en reposo 15min más y registrar el volumen de sólidos sedimentables del cono como mL/L.

3.4.4. Determinación de sólidos volátiles totales combustión a 550°C y 850°C.

Materiales: Desecador; Cápsulas de porcelana tras evaporación + residuo de evaporación 105 °C; Mufla (550°C); Balanza analítica; Pinza metálica

- Una vez pesada y registrado el valor de las cápsulas de la determinación de sólidos totales (peso de la cápsula tras evaporación + residuo de evaporación 105 °C), someterlas a combustión en la mufla a 550 °C durante una hora.
- Transcurrido ese tiempo, se pasan las cápsulas al desecador alrededor de un tiempo máximo de 10 a 15 minutos, para asegurar que estas estén frías.
- Se pesan las cápsulas una a una con los residuos sólidos fijos; reportar los datos obtenidos.
- Calcular los sólidos fijos en mg/L, mediante la siguiente fórmula:

$$mg \text{ de solidos fijos}/L = \frac{(B-C)*1000 \text{ mg/g}}{v}$$

Siendo:

B= peso de la cápsula de evaporación + residuo tras evaporación a 105 °C, g.

C= peso de cápsula de evaporación +residuo tras combustión a 550 °C, g

V=volumen de la muestra, L.

Nota: Se repite el proceso para la Calcinación de 850°C, con los residuos de solidos calcinado a 550°C.





2 Fotografía 3.4.4. Muestras de sedimento calcinado, Estaciones 5, 6, 7 y 8

FUENTE: El Autor

3.5. Metodología para la clasificación del suelo

3.5.1. Preparación de la muestra y tamizado

Se deseca la muestra a 100°C. durante 24 horas para eliminar la humedad; luego el material seco se hace pasar por la serie de tamices (para gruesos y finos) siguiendo la normativa de la AASHTO (American Association Of State Highway and Transportation Officials), que permite establecer la granulometría de las partículas.

El procedimiento efectuado demostró que el porcentaje de finos (material que pasa el tamiz # 200) es menor al 5%, y por lo tanto ya no se requieren parámetros adicionales de caracterización del suelo, como: límite líquido, índice plástico, y otros. (Urgilez, 2016)

3.5.2. Clasificación del suelo, según el método del Sistema Unificado de Clasificación

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje conciso para expresar las características generales de los suelos, las cuales son infinitamente variadas sin una descripción detallada.

Mediante la determinación de los coeficientes de uniformidad y curvatura, se establece el grupo de material al que pertenece la muestra analizada. (ver Fotografía 3.5.2.)



Fotografía 3.5.2. Muestras de la estación 5
FUENTE: El Autor

3.6. Información Digital

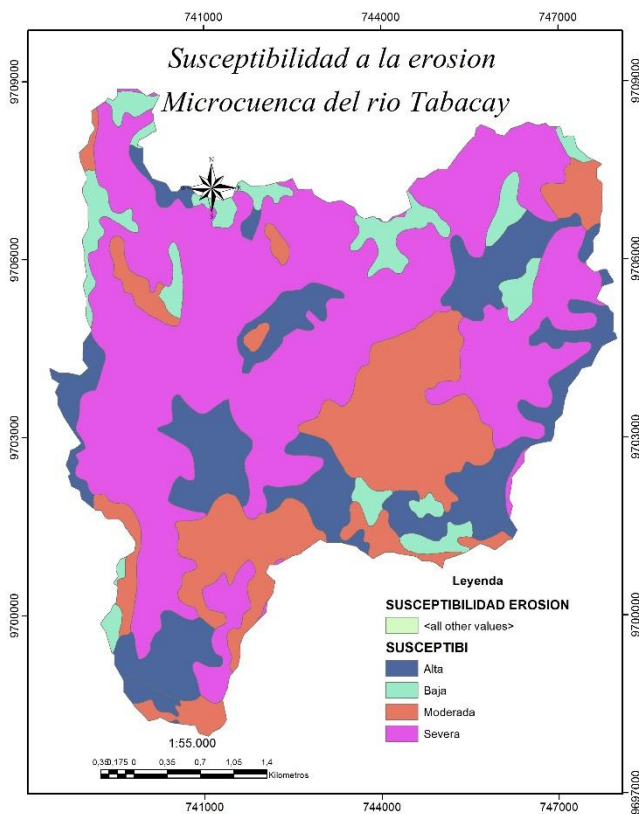
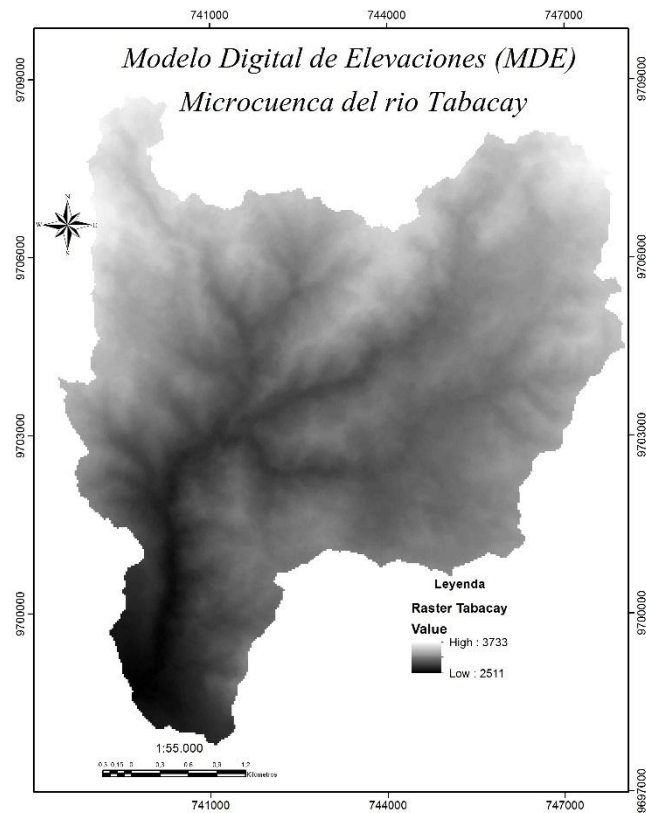
Esta etapa consistió en la recopilación de información generada para la base de datos, principalmente revisión bibliográfica sobre el área de estudio, especialmente sobre estudios realizados anteriormente en la zona.

Seguidamente se delimitó el área de estudio basándonos en una carta topográfica del IGM de 1981, a una escala 1:50000, el mismo que consiste en un nivel de estudio detallado el cual sirve para obtener información de las características y distribución de los suelos, que permita la planificación de una agricultura intensiva, obras de ingeniería, utilización agroforestal y recreacional.

Requisitos de material cartográfico son:

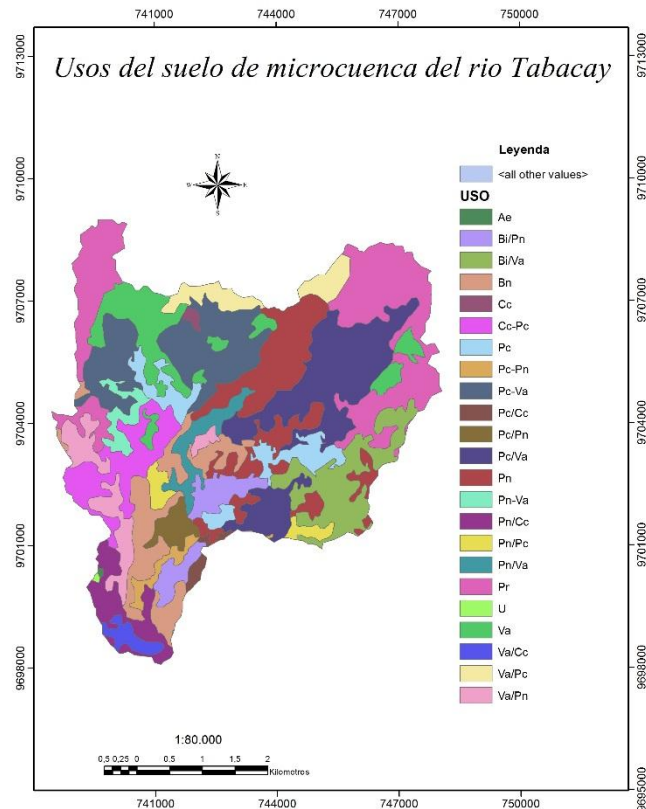
- Mapas topográficos de escala igual o mayor a 1/10 000. Fuente: (SNI, n.d.)
- Cartografía de la Susceptibilidad a la erosión. Fuente: (SNI, n.d.)
- Cartografía del Uso del Suelo (cobertura vegetal). Fuente: (SNI, n.d.)
- Modelo digital de elevaciones (MDE). Fuente: (USGS, n.d.)

5 **Figura 3.6.1.** MDE
microcuenca del río Tabacay
FUENTE: El Autor



6 **Figura 3.6.2.** Susceptibilidad a
erosión de microcuenca del río
Tabacay
FUENTE: El Autor

7 **Figura 3.6.3.** Usos del Suelo de microcuenca del río Tabacay
FUENTE: El Autor



4. RESULTADOS

4.1. Variabilidad Espacial y Temporal de caudales en el recorrido del río Tabacay.

Los valores corresponden a los caudales en cada estación de monitoreo, obtenidos en las ocho campañas, una cada semana, y durante dos meses. (ocho monitoreos); se observa una tendencia creciente de valores a medida que avanza el recorrido del río.

4.1.1. Variabilidad Espacial.

Los valores de la estación 5 crecen considerablemente, ya que existe el ingreso del caudal proveniente de la subcuenca del río Nudpud.

CAUDALES POR MONITOREO[m³/s]

Fech	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	0,17	0,25	0,36	0,49	0,99	1,07	1,13	1,15	1,17	1,19

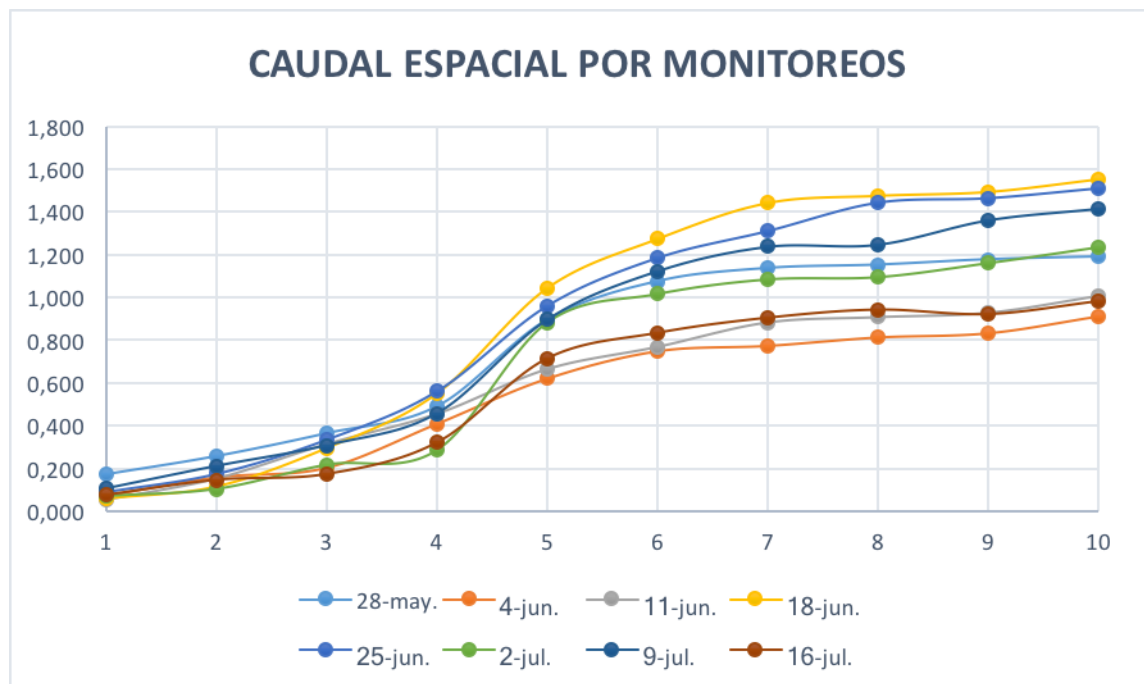
04/06	0,07	0,15	0,20	0,40	0,62	0,74	0,77	0,81	0,83	0,91
11/06	0,05	0,15	0,31	0,45	0,66	0,76	0,88	0,90	0,92	1,00
18/06	0,05	0,11	0,29	0,55	0,90	1,23	1,34	1,42	1,46	1,55
25/06	0,09	0,17	0,33	0,56	1,13	1,32	1,42	1,44	1,46	1,51
02/07	0,06	0,10	0,21	0,28	0,88	1,01	1,08	1,09	1,16	1,23
09/07	0,10	0,21	0,30	0,45	0,89	1,12	1,23	1,24	1,36	1,41
16/07	0,07	0,14	0,17	0,32	0,71	0,83	0,90	0,94	0,92	0,98

6 **Tabla 4.1.1.1.** Caudal temporal por estaciones de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

CAUDAL Máximo y Mínimo [m³/s]

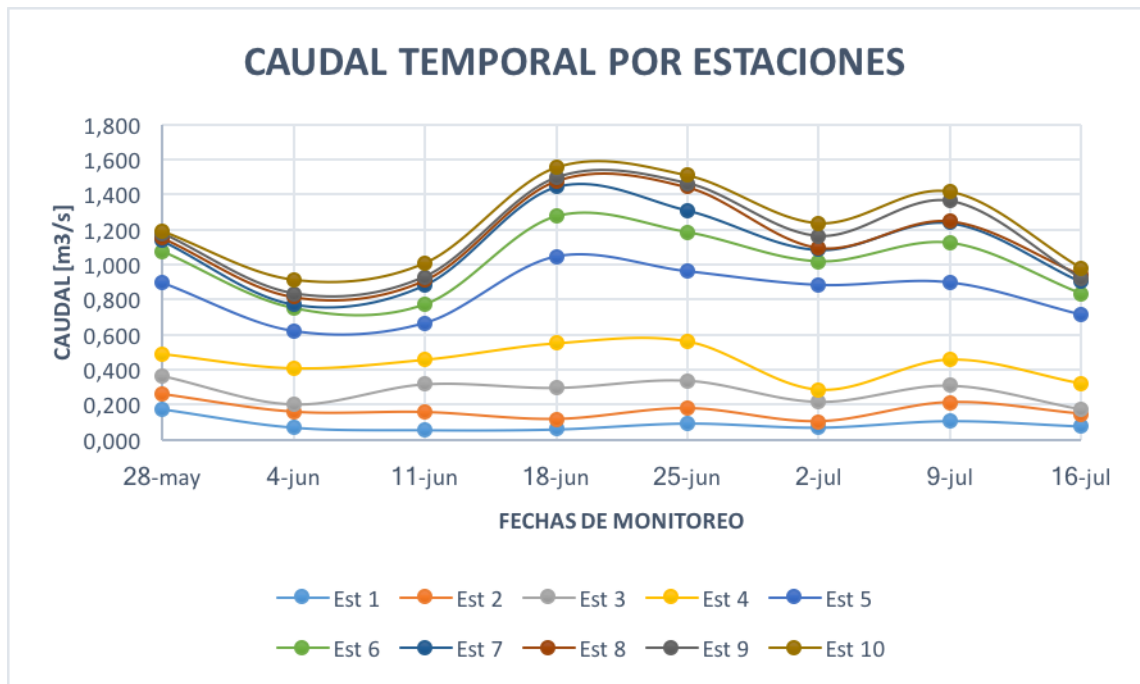
	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
Máxim	0,17	0,25	0,36	0,56	1,13	1,32	1,42	1,44	1,46	1,55
Mínim	0,05	0,10	0,17	0,28	0,62	0,74	0,77	0,81	0,83	0,91

7 **Tabla 4.1.1.2.** Caudal Máximo y Mínimo de estaciones.
FUENTE: El Autor



8 **Figura 4.1.1.** Caudal Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

4.1.2. Variabilidad Temporal por estación.



9 **Figura 4.1.2.** Caudal Temporal por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

4.2. Análisis Físicoquímico de Sólidos Suspendidos del río Tabacay.

4.2.1. Vinculación entre los Sólidos Suspendidos Totales (SST) con la Turbiedad (NTU).

Hay que mencionar en primera instancia que no existe ninguna relación universal entre la turbiedad y los sólidos suspendidos, ni entre mediciones de turbiedad realizadas en suspensiones de partículas de diferente tamaño, ni incluso entre las mediciones de turbiedad realizadas sobre la misma suspensión con instrumentos diferentes, por lo que la turbiedad no es una medida directa de las partículas suspendidas en el agua, puesto que la turbiedad es una propiedad óptica del agua; depende de la naturaleza de las partículas suspendidas. Sin embargo, es posible que se puede establecer alguna dicha relación para un lugar, suspensión y tiempo específicos.

SST POR MONITOREO [mg/L]

Fecha	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	8	25	59	259	178	133	101	99	95	112



04/06	10	14	22	100	87	59	71	62	60	55
11/06	12	22	18	278	91	119	125	109	131	163
18/06	23	21	34	356	334	241	220	222	252	286
25/06	18	20	26	217	71	125	150	143	182	160
02/07	8	16	13	150	104	59	60	64	59	177
09/07	11	15	14	135	160	185	199	245	280	411
16/07	11	13	20	117	192	387	121	77	87	140

Tabla 4.2.1.1. SST temporal por estaciones de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

SST Max y Min [mg/L]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
Máximo	23	25	59	356	334	387	220	245	280	411
Mínimo	8	13	13	100	71	59	60	62	59	55

Tabla 4.2.1.2. SST Máximo y Mínimo de estaciones.
FUENTE: El Autor

TURBIEDAD POR MONITOREO [NTU]

Fecha	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	4,74	12,9	31,9	91,9	89,8	62,6	51,3	46,5	47,5	47,8
04/06	7,51	11,2	15,1	41,7	47,1	29	30,2	32,3	36,4	31,7
11/06	4,57	9,69	8,02	119	35,6	67,4	62,5	70,6	75,8	92,1
18/06	13,3	19,2	25	181	193	145	149	169	201	216
25/06	11,1	13,6	17,1	104	50,5	77,4	94	105	125	106
02/07	5,87	10,9	11,3	54,2	48,7	34,4	38,9	42,4	41,6	59,9
09/07	2,72	12,3	12	63,8	105	132	157	210	278	313
16/07	5,87	8,06	15,7	58,1	99	169	54,4	45,4	56,8	79

Tabla 4.2.1.3. Turbiedad temporal por estaciones de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

TURBIEDAD Max y Min [NTU]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
Máximo	13,3	19,2	31,9	181	193	169	157	210	278	313
Mínimo	2,72	8,06	8,02	41,7	35,6	29	30,2	32,3	36,4	31,7

Tabla 4.2.1.4. Turbiedad Máximo y Mínimo de estaciones.
FUENTE: El Autor

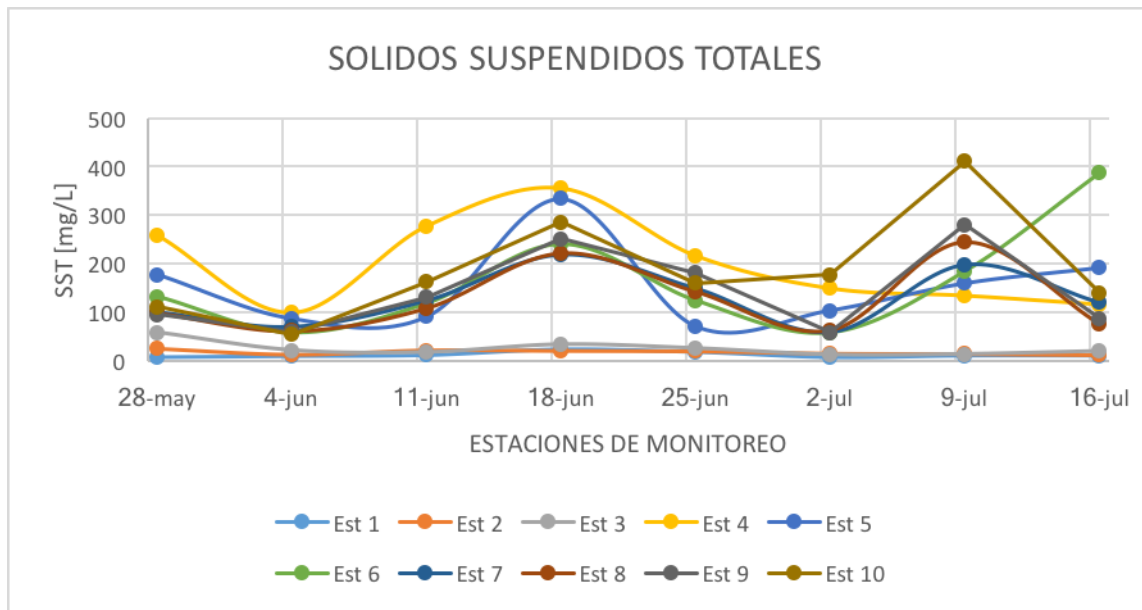


Figura 4.2.1.1. SST Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

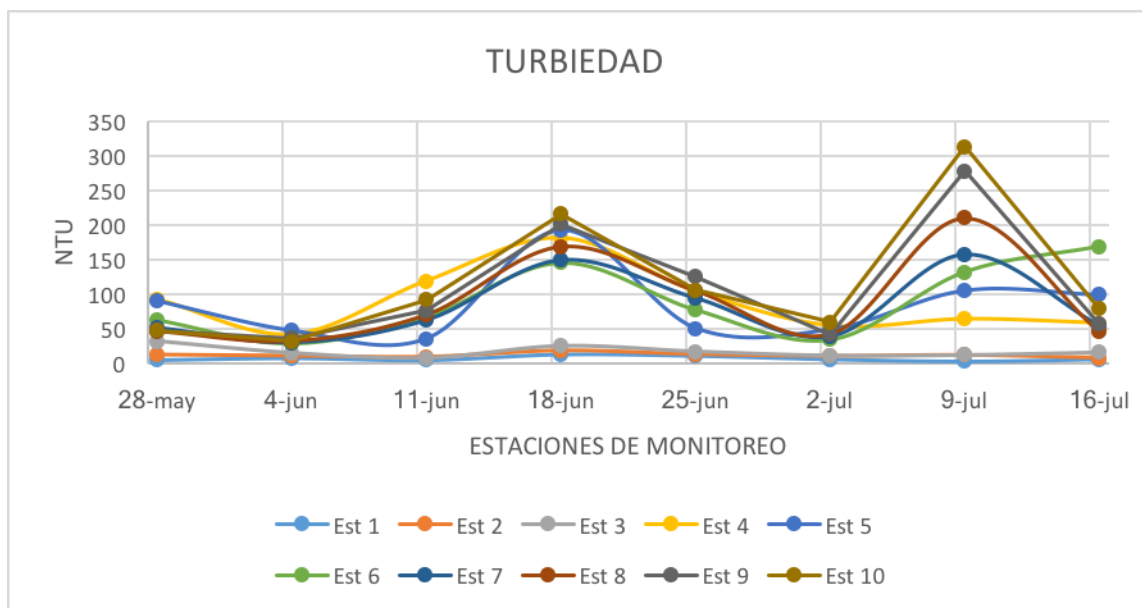


Figura 4.2.1.2. Turbiedad Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

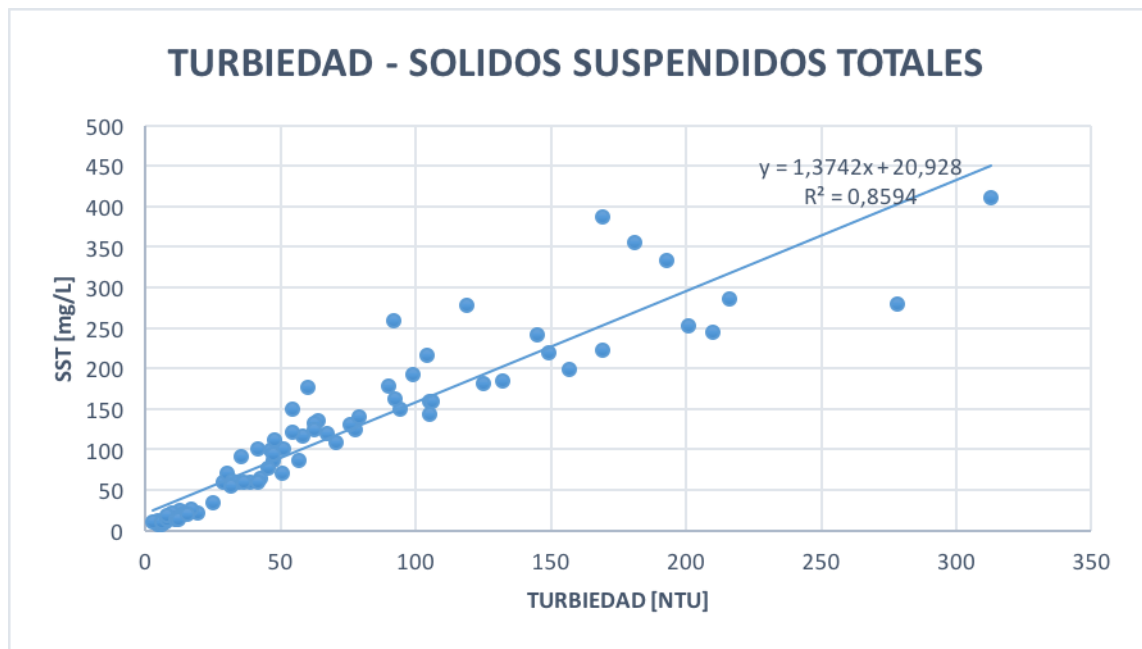


Figura 4.2.1.3. Vinculación entre NTU y SST.

FUENTE: El Autor

Al relacionar los datos de la Turbiedad y de SST, se vinculan con una ecuación de regresión lineal con un valor de $R^2 = 0,86$ lo que significa que existe un alto grado de confiabilidad, por lo que se podría trabajar con la siguiente ecuación en estudios futuros.

$$SST = 1,3742 \cdot NTU + 20,928$$

4.2.2. Análisis del color aparente y el color real.

Las siguientes tablas presentan los valores de color (UC) obtenidos en el

Fecha	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	42,0	69,0	85,0	323,	321,	194,	192,	131,	135,0	123,0
04/06	15,0	28,0	51,0	234,	222,	172,	175,	159,	166,0	142,0
11/06	26,0	56,0	46,0	474,	174,	256,	268,	302,	323,0	345,0
18/06	60,0	63,0	89,0	676,	711,	394,	780,	802,	840,0	962,0
25/06	46,0	40,0	54,0	459,	188,	323,	355,	370,	467,0	407,0
02/07	25,0	25,0	45,0	220,	205,	127,	155,	171,	196,0	191,0
09/07	44,0	52,0	66,0	269,	386,	363,	439,	990,	1420,	1460,
16/07	30,0	37,0	54,0	217,	343,	508,	216,	187,	244,0	299,0

Tabla 4.2.2.1. Color Aparente temporal por estaciones de la microcuenca.

FUENTE: El Autor

COLOR APARENTE Max y Min [UC]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
<i>Máxim</i>	60,	69,	89,	676,	711,	508,	780,	990,	1420,	1460,
<i>Mínimo</i>	15,	25,	45,	217,	174,	127,	155,	131,	135,0	123,0

Tabla 4.2.2.2. Color Aparente Máximo y Mínimo de estaciones.
FUENTE: El Autor

COLOR REAL POR MONITOREO [UC]

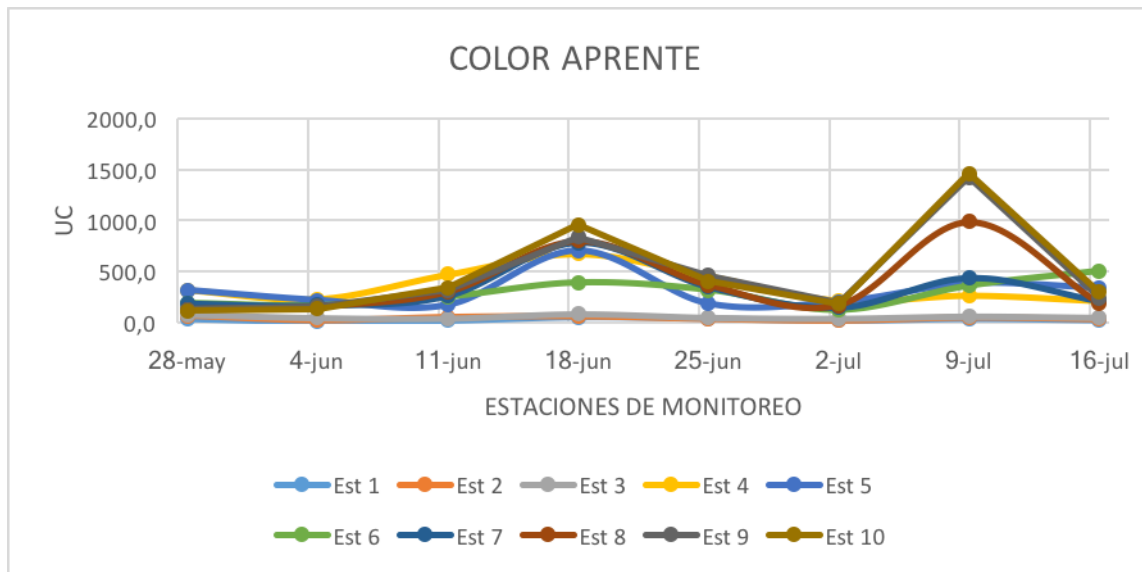
<i>Fecha</i>	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	30,0	49,0	41,0	53,0	34,0	51,0	58,0	30,0	66,0	61,0
04/06	6,0	4,0	21,0	11,0	23,0	10,0	7,0	31,0	17,0	25,0
11/06	5,0	13,0	32,0	13,0	21,0	14,0	10,0	61,0	30,0	26,0
18/06	37,0	31,0	29,0	40,0	61,0	73,0	24,0	34,0	45,0	40,0
25/06	24,0	17,0	22,0	38,0	24,0	25,0	27,0	18,0	39,0	13,0
02/07	11,0	14,0	14,0	19,0	18,0	23,0	44,0	38,0	57,0	53,0
09/07	21,0	22,0	27,0	36,0	33,0	34,0	31,0	29,0	44,0	45,0
16/07	19,0	23,0	11,0	40,0	51,0	64,0	40,0	35,0	45,0	49,0

» **Tabla 4.2.2.3.** Color Real temporal por estaciones de la microcuenca.
Fuente: El Autor

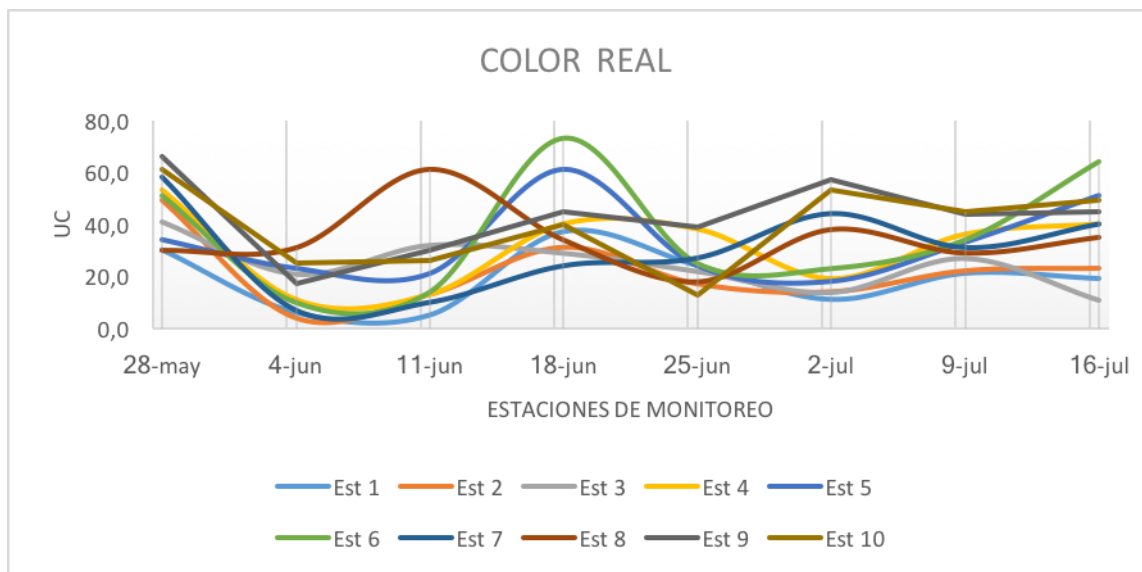
COLOR REAL Max y Min [UC]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
<i>Máximo</i>	37,0	49,0	41,0	53,0	61,0	73,0	58,0	61,0	66,0	61,0
<i>Mínimo</i>	5,0	4,0	11,0	11,0	18,0	10,0	7,0	18,0	17,0	13,0

» **Tabla 4.2.2.4.** Color Real Máximo y Mínimo de estaciones.
FUENTE: El Autor

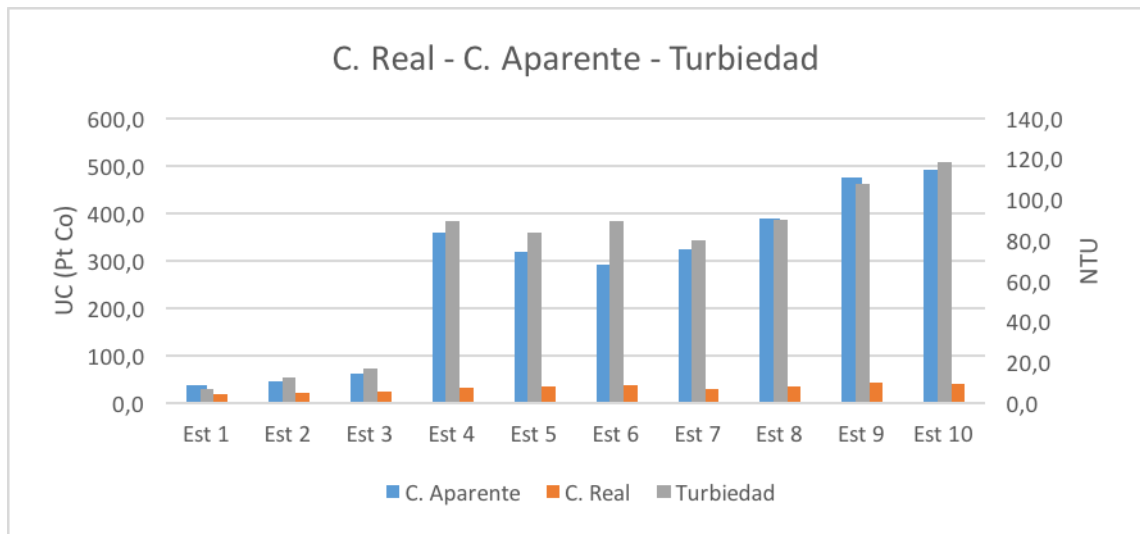


¹⁰ **Figura 4.2.2.1.** Color Aparente Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor



¹¹ **Figura 4.2.2.2.** Color Real Espacial por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

Para una mejor interpretación sobre los resultados de color, se muestra el siguiente grafico de barras comparando el color real, color aparente y turbiedad.



¹² **Figura 4.2.2.3.** (%) Del color Real sobre el color Aparente.
FUENTE: El Autor

4.2.3. Análisis de la conductividad.

La conductividad es una representación numérica del grado de mineralización del agua; en el siguiente cuadro se exhiben los valores obtenidos, y luego se grafica el comportamiento espacial y temporal.

CONDUCTIVIDAD POR MONITOREO (microsiemens/ cm)

Fech	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	160,	181,	205,	237,	243,	213,	238,	243,	250,	280,
04/06	165,	191,	212,	240,	238,	218,	251,	256,	265,	297,
11/06	166,	197,	215,	248,	172,	216,	254,	264,	267,	292,
18/06	158,	175,	181,	225,	227,	185,	208,	217,	221,	256,
25/06	159,	176,	192,	236,	150,	197,	221,	226,	231,	257,
02/07	160,	187,	209,	247,	248,	206,	235,	242,	251,	285,
09/07	158,	183,	189,	227,	180,	184,	210,	216,	221,	250,
16/07	165,	190,	205,	246,	187,	216,	248,	255,	262,	290,

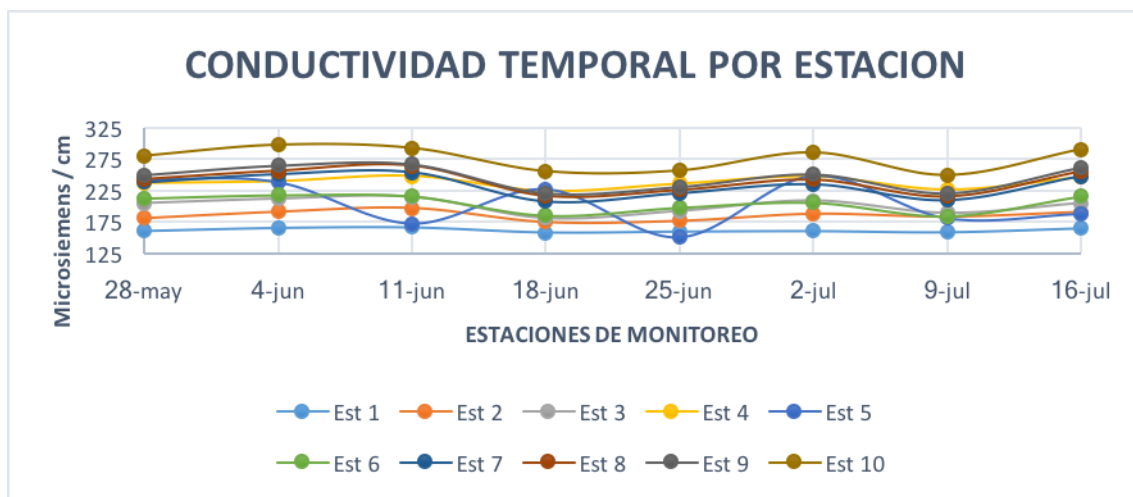
¹⁰ **Tabla 4.2.3.1.** Conductividad temporal por estaciones de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

CONDUCTIVIDAD Max y Min (microsiemens/ cm)

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
Máxim	166,	197,	215,	248,	248,	218,	254,	264,	267,	297,

Mínim	158,	175,	181,	225,	150,	184,	208,	216,	221,	250,
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

¹¹ **Tabla 4.2.3.2.** Conductividad Máximo y Mínimo de estaciones.
FUENTE: El Autor



¹³ **Figura 4.2.3.1.** Conductividad Temporal por Monitoreos (fechas) de la microcuenca.
FUENTE: El Autor

4.2.4. Análisis de Sólidos Suspendidos Sedimentables (SSS).

Los siguientes valores son los resultados de los análisis de laboratorio.

SSS POR MONITOREO (mL/L)

Fecha	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5
04/06	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
11/06	0,1	0,1	0,1	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,8
18/06	0,1	0,2	0,2	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8
25/06	0,1	0,2	0,1	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,5
02/07	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,9
09/07	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
16/07	0,1	0,2	0,1	0,4	0,6	1,5	0,3	0,2	0,2	0,6

¹² **Tabla 4.2.4.** SSS temporal por estaciones de la microcuenca.
FUENTE: El Autor



4.2.5. Análisis de Sólidos Suspendidos Fijos (SSF) y de Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).

Para una interpretación adecuada, se realiza un promedio de caudales en cada estación; este criterio es válido debido a que la temporada de estudio representa a caudales estables (no son caudales de estiaje ni de crecida).

SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS POR MONITOREO [mg/L]

Fecha	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	3,0	15,0	51,0	235,0	161,0	116,0	86,0	85,0	81,0	95,0
04/06	5,0	10,0	16,0	89,0	73,0	51,0	63,0	54,0	52,0	46,0
11/06	9,0	16,0	12,0	252,0	79,0	105,0	108,0	95,0	117,0	140,0
18/06	15,0	14,0	28,0	323,0	304,0	219,0	189,0	200,0	229,0	255,0
25/06	9,0	14,0	18,0	197,0	59,0	108,0	136,0	130,0	164,0	143,0
02/07	3,0	8,0	7,0	134,0	93,0	51,0	51,0	53,0	49,0	159,0
09/07	4,0	11,0	10,0	121,0	143,0	166,0	175,0	218,0	252,0	372,0
16/07	6,0	12,0	17,0	110,0	174,0	347,0	111,0	69,0	77,0	126,0

¹³ **Tabla 4.2.5.1.** SSF por estaciones de la microcuenca.

FUENTE: El Autor

SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS Max y Min [mg/L]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
Máximo	15	16	51	323	304	347	189	218	252	372
Mínimo	3	8	7	89	59	51	51	53	49	46

¹⁴ **Tabla 4.2.5.2.** SSF Máximo y Mínimo de estaciones.

Fuente: El Autor

SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES POR MONITOREO [mg/L]

Fecha	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/05	5,0	10,0	8,0	24,0	17,0	17,0	15,0	14,0	14,0	17,0
04/06	5,0	4,0	6,0	11,0	14,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
11/06	3,0	6,0	6,0	26,0	12,0	14,0	17,0	14,0	14,0	23,0
18/06	8,0	7,0	6,0	33,0	30,0	22,0	31,0	22,0	23,0	31,0
25/06	9,0	6,0	8,0	20,0	12,0	17,0	14,0	13,0	18,0	17,0
02/07	5,0	8,0	6,0	16,0	11,0	8,0	9,0	11,0	10,0	18,0
09/07	7,0	4,0	4,0	14,0	17,0	19,0	24,0	27,0	28,0	39,0
16/07	5,0	1,0	3,0	7,0	18,0	40,0	10,0	8,0	10,0	14,0

¹⁵ **Tabla 4.2.5.3.** SSV temporal por estaciones de la microcuenca.

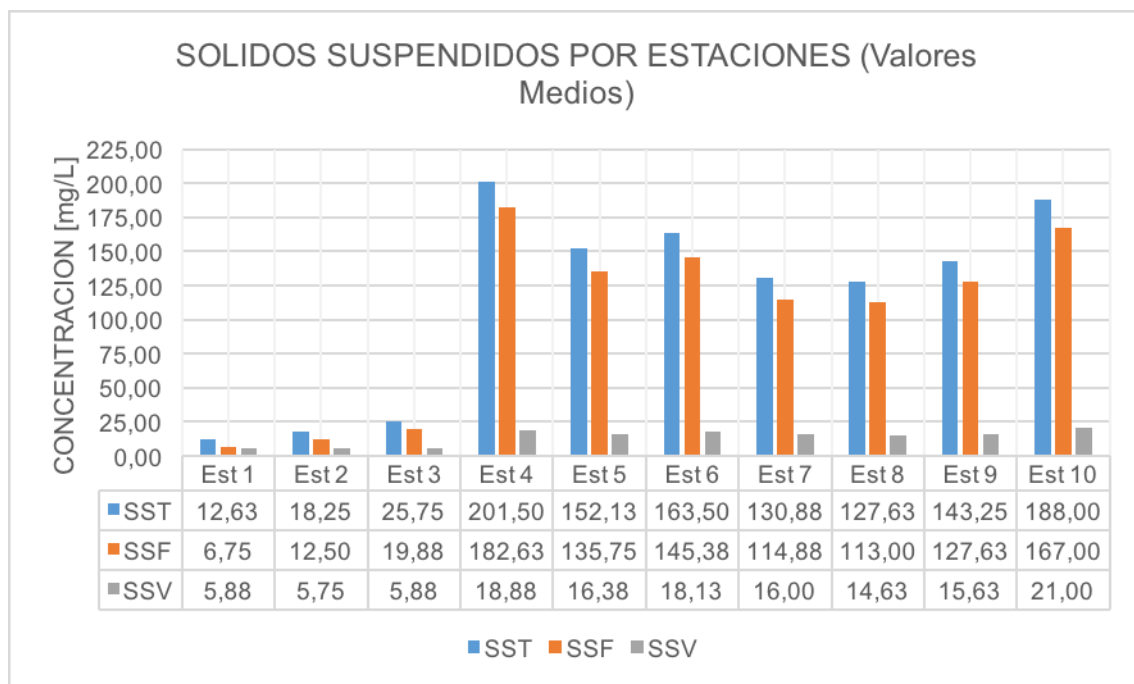
FUENTE: El Autor

SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES Max y Min [mg/L]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
Máximo	9	10	8	33	30	40	31	27	28	39
Mínimo	3	1	3	7	11	8	8	8	8	9

¹⁶ **Tabla 4.2.5.4.** SSV Máximo y Mínimo de estaciones.

FUENTE: El Autor



¹⁴ **Figura 4.2.5.1.** SST, SSF y SSV por estaciones.

FUENTE: El Autor

4.3. Análisis Fisicoquímico de los Sedimentos del lecho del río Tabacay.

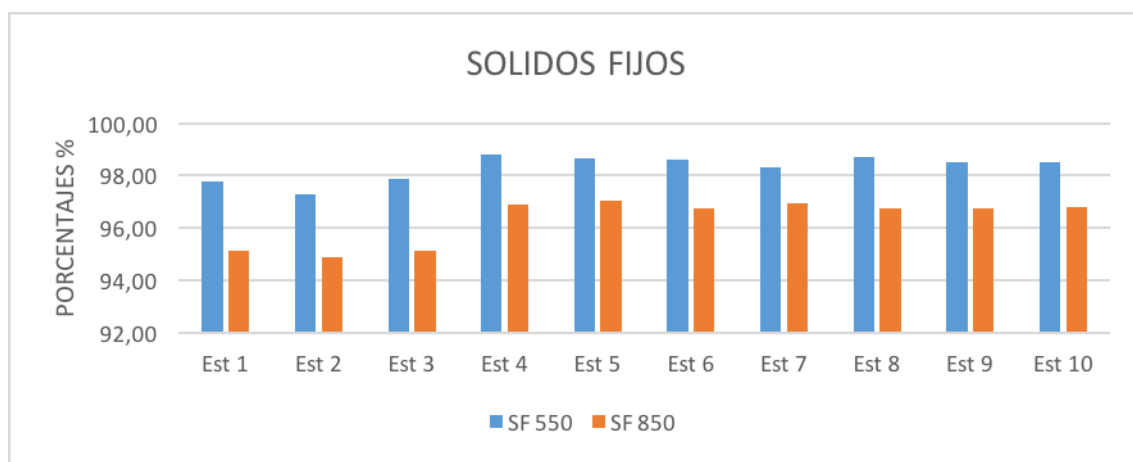
4.3.1. Análisis de Sólidos Fijos (550°C y 850°C) y Sólidos Volátiles (550°C y 850°C) del río Tabacay.

Los valores promedios de los Sólidos Fijos (550°C y 850°C) junto con los Sólidos Volátiles (550°C y 850°C) se encuentran en porcentajes, donde los valores de SST son el 100%.

SÓLIDOS DE SEDIMENTO [mg/L]

	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
28/0	97,7	97,3	97,8	98,8	98,6	98,6	98,3	98,7	98,5	98,5
04/0	95,1	94,8	95,1	96,8	97,0	96,7	96,9	96,7	96,7	96,8
11/0	2,22	2,70	2,11	1,18	1,33	1,40	1,68	1,30	1,49	1,48
18/0	2,66	2,43	2,74	1,95	1,62	1,85	1,38	1,94	1,75	1,73

17 Tabla 4.3.1. Sólidos fijos y Sólidos Volátiles (550°C y 850°C) por estaciones.
FUENTE: El Autor



15 Figura 4.3.1. Sólidos Fijos por estaciones.
FUENTE: El Autor

4.4. Análisis de Usos del Suelo de la microcuenca del río Tabacay.

Los usos del Suelo se obtuvieron procesando la información georreferenciada proveniente de los recorridos de campo. Se observa que los cultivos anuales y los pastos predominan. Es importante también la presencia de frutales en sistemas hortofrutícolas o aislados (EMAPAL EP, 2003).

4.4.1. Cultivos Predominantes



Cultivos Anuales	Maíz, fréjol, haba, zambo, arveja, papa.
Cultivos Perennes	Achira, sauce, carrizo.
Cultivos Forestales	Aliso, retama, nogal, ciprés, eucalipto acacia.
Frutales	Manzana, pera, tomate de árbol, reina Claudia, capulí, higo, aguacate.
Hortalizas	Nabo, col, zanahoria, lechuga, remolacha, culantro, cebolla, coliflor.
Pasto Natural	kikuyo
Pasto Artificial	Alfalfa, avena, cebada.
Medicinales	Toronjil, manzanilla, ruda, diente de león.

¹⁸ **Tabla 4.4.1.** Sólidos fijos y Sólidos Volátiles (550°C y 850°C) por estaciones.
FUENTE: El Autor

4.4.2. Carga Animal.

Según las visitas de campo realizadas, se observa que los pobladores de la zona viven de la ganadería y recolección de leche que venden a las grandes empresas. Por estas razones la presencia de ganado es constante en toda la microcuenca.

4.5. Análisis de la Cobertura Vegetal de la microcuenca del Río Tabacay.

La microcuenca presenta una diversa cobertura vegetal, pues es una zona agrícola y ganadera; también se divide en la parte alta un área protegida con predominio de páramos y vegetación arbustiva. A continuación, se expone la clasificación de la cobertura vegetal del suelo.



CODIGO	DESCRIPCION / AREAS	CODIGO	DESCRIPCION / AREAS
Pc-Va	50% PASTO CULTIVADO CON 50% VEGETACION ARBUSTIVA	Bi/Pn	70% BOSQUE INTERVENIDO CON 30% PASTO NATURAL
Va/Pc	70% VEGETACION ARBUSTIVA CON 30% PASTO CULTIVADO	Pc-Pn	50% PASTO CULTIVADO CON 50% PASTO NATURAL
Cc	100% CULTIVO DE CICLO CORTO	Pc/Cc	70% PASTO CULTIVADO CON 30% CULTIVO DE CICLO CORTO
Pn	100% PASTO NATURAL	Pc/Pn	70% PASTO CULTIVADO CON 30% PASTO NATURAL
Va	100% VEGETACION ARBUSTIVA	Pc/Va	70% PASTO CULTIVADO CON 30% VEGETACION ARBUSTIVA
Pc	100% PASTO CULTIVADO	Pn/Pc	70% PASTO NATURAL CON 30% PASTO CULTIVADO
Pr	100% PARAMO	Va/Pn	70% VEGETACION ARBUSTIVA CON 30% PASTO NATURAL
Bn	100% BOSQUE NATURAL	Bi/Va	70% BOSQUE INTERVENIDO CON 30% VEGETACION ARBUSTIVA
Pn-Va	50% PASTO NATURAL CON 50% VEGETACION ARBUSTIVA	Pn/Cc	70% PASTO NATURAL CON 30% CULTIVO DE CICLO CORTO
Pn/Va	70% PASTO NATURAL CON 30% VEGETACION ARBUSTIVA	Ae	AREA EROSIONADA
Cc-Pc	50% CULTIVO DE CICLO CORTO CON 50% PASTO CULTIVADO	U	100% AREA URBANA
		Va/Cc	70% VEGETACION ARBUSTIVA CON 30% CULTIVO DE CICLO

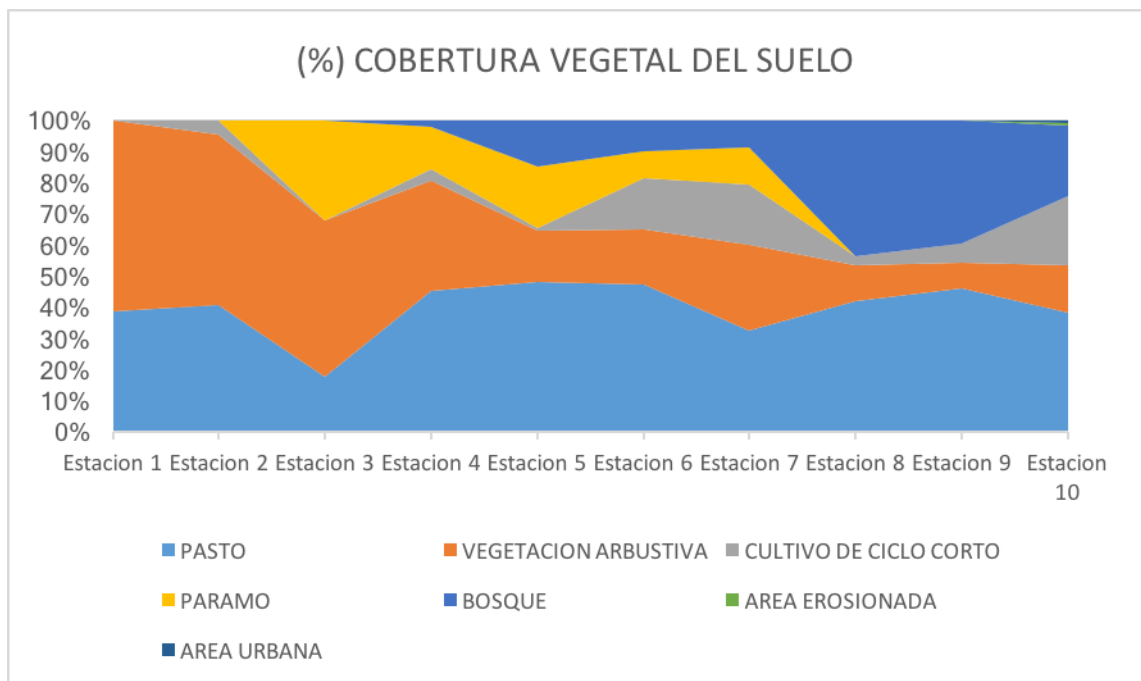
¹⁹ **Tabla 4.5.1.** Usos del Suelo de la Microcuenca del Río Tabacay.

FUENTE: El Autor

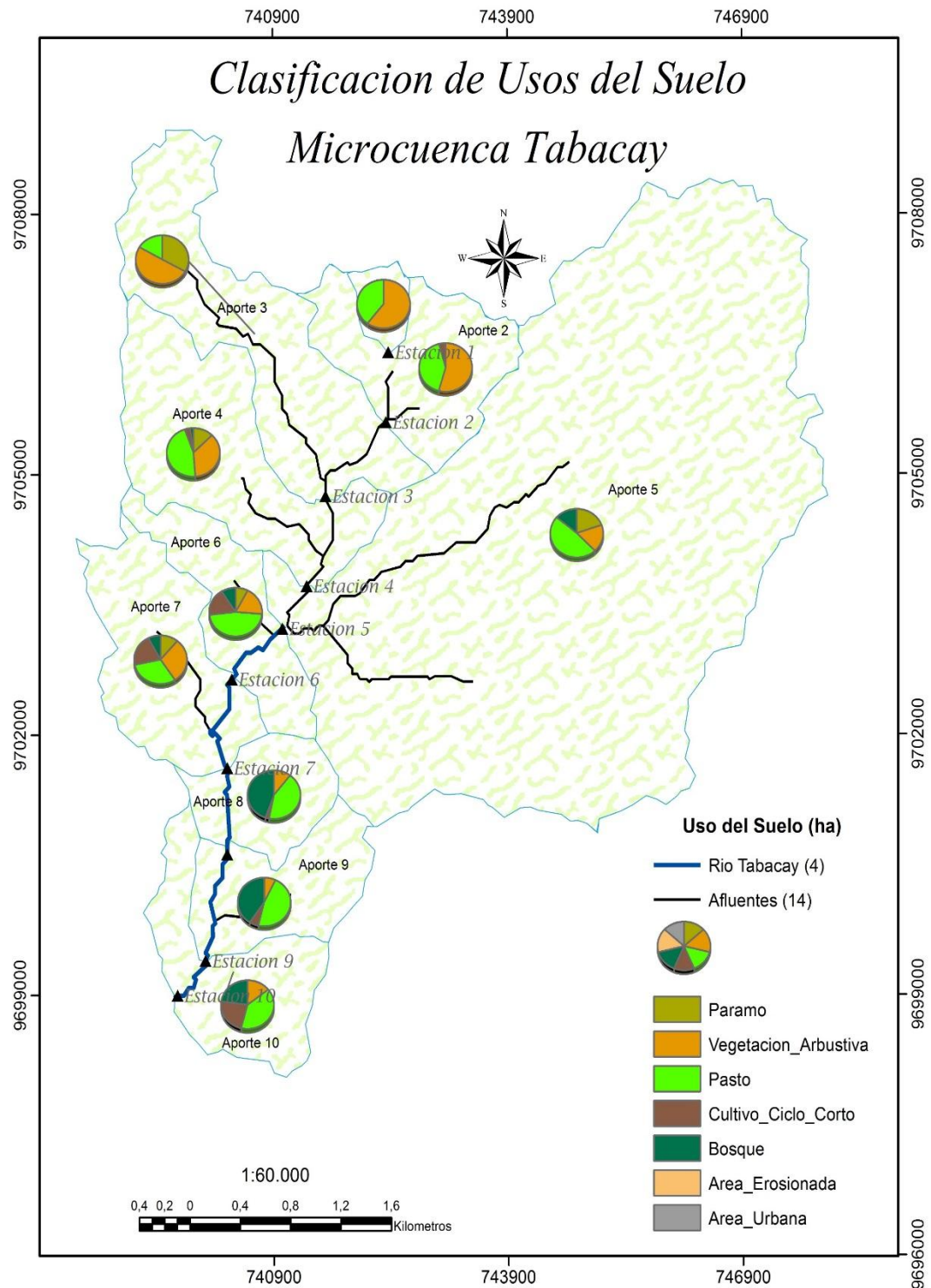
En la siguiente tabla, se presenta de forma resumida y generalizada la cobertura vegetal del suelo: (nomenclatura: C.C.C.=cultivo de ciclo corto; V.A.=vegetación arbustiva; A.E.= área erosionada; A.U. área urbana)

COBERTURA VEGETAL [ha]										
	E.	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E 10
<i>Pasto</i>	21,	133,	101,	228,	1512,	119,	123,	82,6	120,	116,
<i>V.G.</i>	34,	181,	290,	177,	515,8	44,2	105,	22,9	20,8	46,2
<i>C.C.C.</i>		15,4		19,4	15,0	42,1	74,0	5,2	16,2	66,7
<i>Páramo</i>			186,	68,7	630,4	21,8	46,9			
<i>Bosque</i>				11,6	464,4	25,1	33,1	86,5	104,	69,3
<i>A.E.</i>										2,8
<i>E.U.</i>										2,9
TOTAL	56,	330,	577,	506,	3138,	252,	382,	197,	262,	304,

²⁰ **Tabla 4.5.2.** Usos del Suelo de la Microcuenca del Río Tabacay.
FUENTE: El Autor



¹⁶ **Figura 4.5.1.** Porcentaje de Usos del Suelo.
FUENTE: El Autor



17 **Figura 4.5.2.** Clasificación de Usos del Suelo.
FUENTE: El Autor

4.5.1. Coeficiente de Escorrentía.

Una vez obtenida la cobertura vegetal por estaciones, es posible encontrar un coeficiente de escorrentía ponderado por cada subcuenca de aporte. Esto nos ayudará a interpretar el escurrimiento que existe en cada estación de manera general, ya que depende de otros factores también.

COEFICIENTE ESCORRENTÍA (C)	
PASTO	0,37
VEGETACION ARBUSTIVA	0,4
CULTIVO DE CICLO CORTO	0,38
PARAMO	0,32
BOSQUE	0,34
AREA EROSIONADA	0,43
AREA URBANA	0,77

²¹ **Tabla 4.5.1.1.** Coeficiente de Escorrentía por tipo de cobertura.

FUENTE: (Ven. T Chow)

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA POR ESTACIONES									
Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 8	Est 9	Est 10
0,39	0,39	0,37	0,37	0,36	0,37	0,37	0,36	0,36	0,37

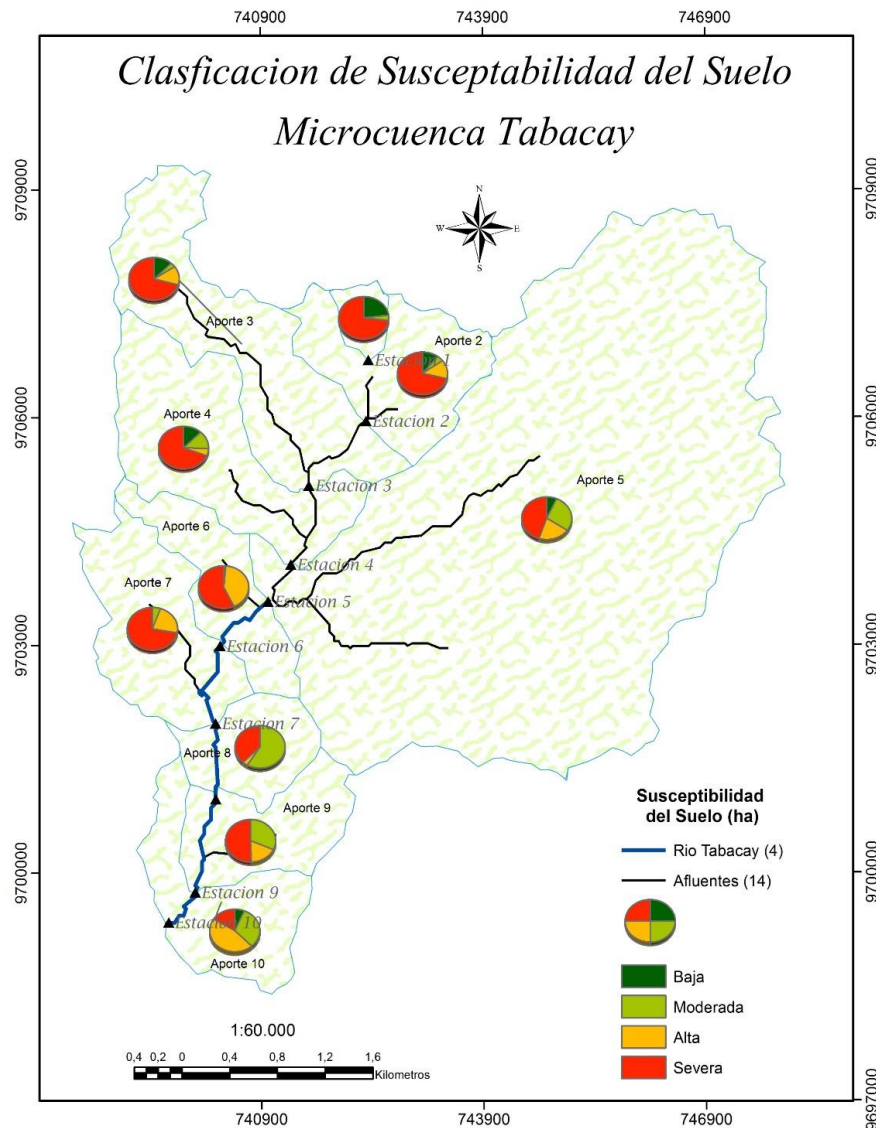
²² **Tabla 4.5.1.2.** Coeficiente de Escorrentía ponderado por estaciones.

FUENTE: El Autor

4.6. Susceptibilidad a la erosión de la microcuenca del río Tabacay.

SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN (%)										
	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E. 10
BAJA	23%	12%	13%	13%	7%	0%	0%	0%	0%	7%
MODERADA	4%	4%	3%	12%	26%	2%	6%	60%	31%	30%
ALTA	0%	13%	13%	5%	22%	40%	22%	4%	18%	46%
SEVERA	73%	71%	71%	70%	44%	58%	72%	37%	50%	17%

²³ **Tabla 4.6.** Susceptibilidad a la Erosión de la Microcuenca del Río Tabacay.
FUENTE: El Autor



¹⁸ **Figura 4.6.** Clasificación de Susceptibilidad a la Erosión del Suelo.
FUENTE: El Autor

4.7. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales que contamina cada subcuenca de aporte de cada estación.

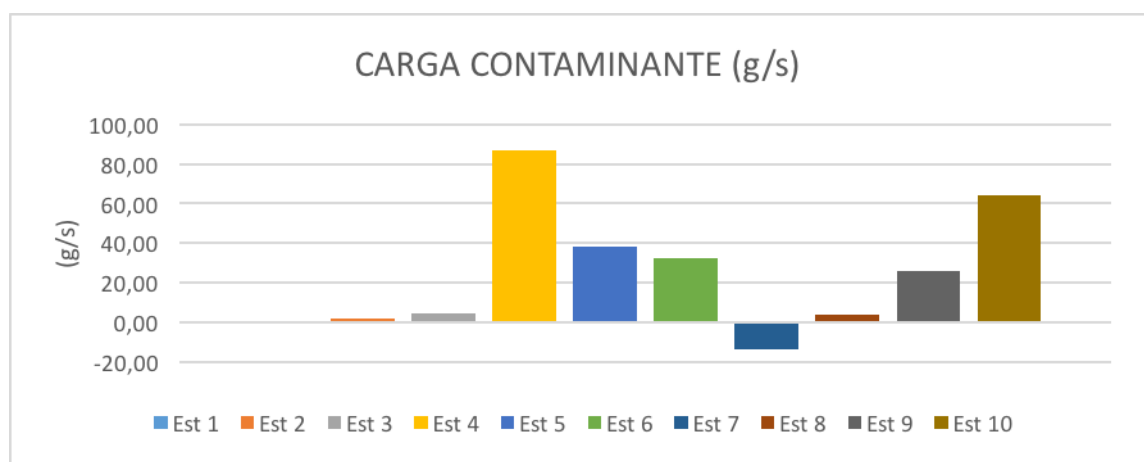
Se procedió a encontrar los valores medios de SST de cada estación, luego se obtuvo el área de la microcuenca que aporta (contamina) a cada estación de monitoreo.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES [mg/L]										
	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E. 10
<i>Máximo</i>	23	25	59	356	334	387	220	245	280	411
<i>Promedio</i>	8	13	13	100	71	59	60	62	59	55
<i>Mínimo</i>	13	18	26	202	152	164	131	128	143	188

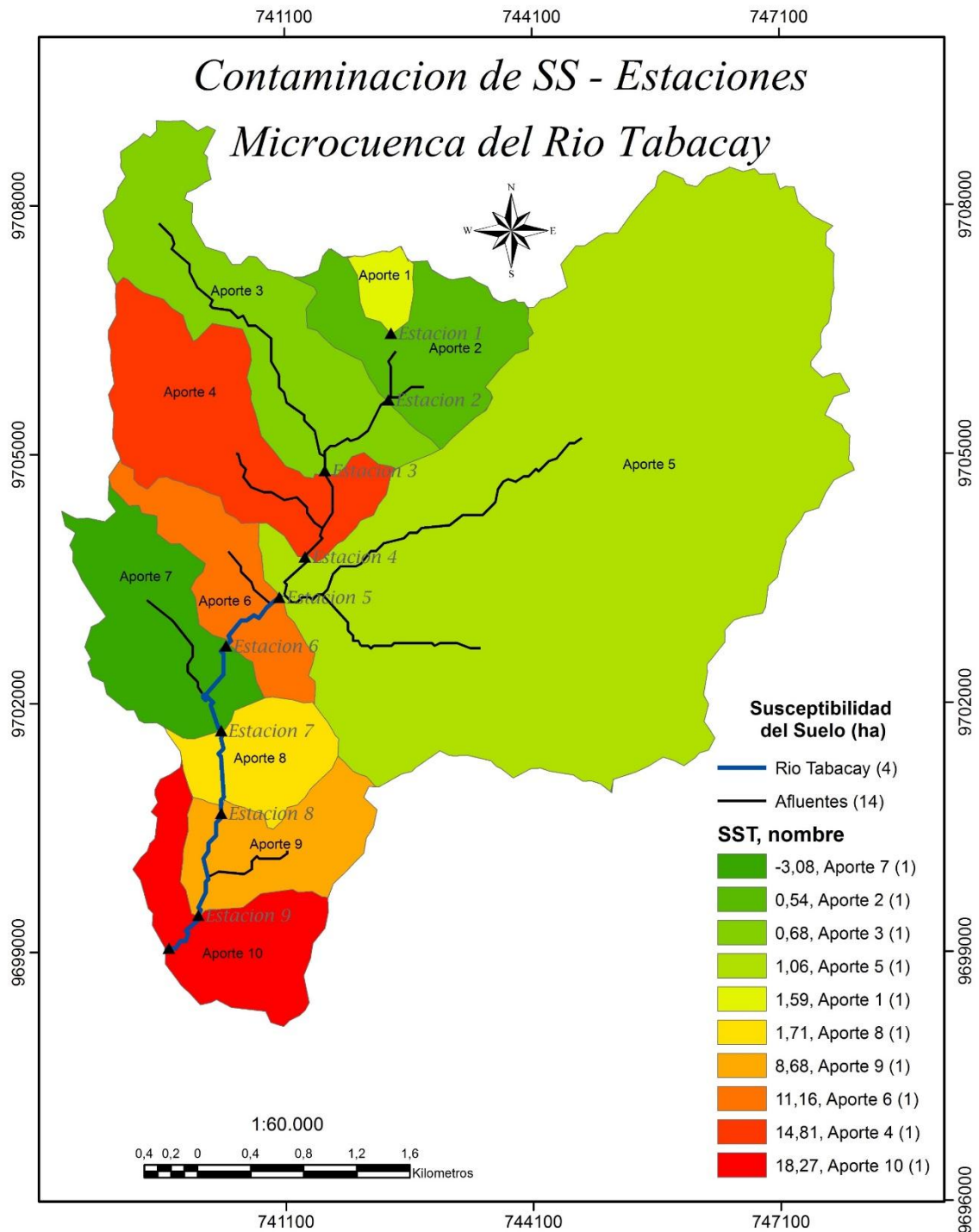
24 **Tabla 4.7.1.** SST Máximo, Mínimo y promedio de estaciones.
FUENTE: El Autor

GASTO SST POR HECTAREA [kg/d / ha]										
	E. 1	E. 2	E. 3	E. 4	E. 5	E. 6	E. 7	E. 8	E. 9	E. 10
<i>Máximo</i>	2,5	1,3	2,2	31,8	4,2	63,4	10,9	26,0	25,0	57,0
<i>Promedio</i>	0,9	0,3	0,2	5,8	-1,8	-14,2	-48,0	-16,1	-0,7	-7,1
<i>Mínimo</i>	1,6	0,5	0,7	14,8	1,1	11,2	-3,1	1,7	8,7	18,3

25 **Tabla 4.7.2.** SST Máximo, Mínimo y promedio de estaciones.
FUENTE: El Autor



19 **Figura 4.7.1.** SST contaminante por ha. De cada estación.
FUENTE: El Autor



20 **Figura 4.7.2.** Categorización de Áreas de Aporte por Estaciones que Contaminan.
FUENTE: El Autor



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Variabilidad Espacial y Temporal de caudales en el río Tabacay.

5.1.1. Caudal Espacial.

El monitoreo se realizó en periodo de estiaje, con precipitaciones no representativas, no obstante, se pudo observar algunos cambios y alteraciones en cada monitoreo. Se diferencian dos eventos significativos: el monitoreo del 18/06/2017 que registra los caudales más altos, y el monitoreo del 04/06/2017 con caudales mínimos.

Es evidente que el caudal de las tres primeras estaciones que se encuentran en área protegida, no experimenta variación de caudal, lo que contribuye a mantener la calidad del agua. (Urgilez, 2016)

Estación 1	Quebrada Rosario
Estación 2	Captación Rosario
Estación 3	Captación Cóndoryacu

Una característica que comparten las tres primeras estaciones y que se deriva de los datos recolectados, es el mantener un caudal base constante, incluso en periodo de Estiaje. Esto es favorable para EMAPAL, ya que las captaciones de agua se encuentran en este sector, y así se puede garantizar el suministro del servicio.

Las siguientes estaciones tienen un comportamiento que dependen del periodo estacional.

5.1.2. Caudal Temporal.

Al analizar los caudales de forma temporal (en una misma estación), se puede corroborar que los caudales de las primeras tres estaciones son constantes, lo que se representaría un “caudal base”.



En cambio, las siguientes estaciones muestran variaciones del caudal en el tiempo, aspecto importante a considerar para los posibles usos que se le puede asignar al recurso.

5.2. Análisis físicoquímico de Sólidos Suspendidos del río Tabacay.

5.2.1. Sólidos Suspendidos Totales

Los valores muestran que en las estaciones uno, dos y tres, la presencia de Sólidos Suspendidos es escasa, a diferencia de la estación cuatro, en donde se produce un incremento significativo; este aporte de SST puede deberse a la presencia del río Mapayacu, que introduce Sólidos a todo el río. Al observar el resto de valores aguas abajo, el río se recupera algo.

5.2.2. Turbiedad

La mayor variación en la Turbiedad (NTU), no se corresponde a la mayor variación en los SST; esto significa que no todos los sólidos suspendidos desvían la luz, debido a que pueden ser de naturaleza orgánica; es decir son sólidos que no salen medidos en la turbiedad.

5.2.3. Vinculación entre SST y NTU.

Al verificar si existe una correlación entre estos datos, se pudo determinar un valor de $R=0,86$ lo que significa que la correlación es buena, y se puede establecer la siguiente ecuación $SST = 1,3742 \cdot NTU + 20,928$.

5.2.4. Análisis de Color Real y Color Aparente.

5.2.4.1. Color Aparente.

Los datos obtenidos muestran que existe un aumento significativo de color aparente en la estación cuatro, lo que corrobora el análisis de los SST, pero también existe un incremento continuo conforme avanza el río en su recorrido.

5.2.4.2. Color Real.

Los resultados del color real, muestran que la cantidad de materia disuelta es más o menos constante en el agua del río Tabacay, con un pequeño incremento hacia las estaciones finales. El rango de color va desde 5 a 70 UC,



que permiten catalogarla al agua, como “poco coloreada”; los SST constituyen el mayor aporte del color aparente en el agua del río Tabacay.

5.2.5. Análisis de Conductividad.

La conductividad es debida a la presencia de sólidos disueltos que tienen la capacidad de ionizarse; el incremento progresivo, demuestra que, en el avance del río, se incorporan sustancias tanto de origen natural procedente del lavado del suelo; así como también procedentes de aguas residuales domésticas, termal, o industriales. Un incremento significativo de la conductividad debe ser interpretado.

La estación cuatro, que ha sido “representativa de cambios bruscos”, no muestra un incremento de conductividad, posiblemente los sólidos que aportan turbiedad pueden ser de naturaleza orgánica (poca capacidad de ionización), y/o materiales de sílice, compuesto no iónico.

Se observa un incremento progresivo de la conductividad en todo el recorrido del río, excepto en la estación cinco, que muestra una inestabilidad en los monitoreos realizados; esto puede deberse a la influencia de la descarga del río Nudpud, su caudal diluye la solución disminuyendo la conductividad.

5.2.6. Análisis de Sólidos Suspendidos Sedimentables.

Los SSS obtenidos durante el período de monitoreo, representan un valor muy pequeño, máxima de 1,5 mL/L; esto debido a que el período climatológico caracterizado es de estiaje; probablemente en invierno este valor será mucho mayor, y es necesario obtenerlo para prever la formación de bancos de sedimentos que tienen un efecto negativo en la flora y fauna del río.

5.2.7. Análisis de Sólidos Suspendidos Fijos (SSF) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).

Los SSF predominan sobre los SSV, lo que significa que la cantidad de materia orgánica es relativamente baja en las tres primeras estaciones (zona protegida), luego se incrementa a lo largo del río; esto puede deberse al aporte de contaminación de naturaleza orgánica.

Al comparar los valores obtenidos con los valores de la conductividad, se puede deducir que los SS no se ionizan. Esto se debe a la presencia de arcillas, especialmente silicatos.

5.3. Análisis fisicoquímico de los sedimentos del lecho del río Tabacay.

Al analizar los resultados de los Sólidos Fijos (SF) de los sedimentos del lecho del río, se verifica que al igual que los Sólidos Sedimentables, los SF predominan sobre los Sólidos Volátiles (SV), pero los SF no son ionizables, esto se debe fundamentalmente por la presencia de arcillas y silicatos.

5.4. Análisis de la Cobertura Vegetal, y usos del suelo de la microcuenca del río Tabacay.

Nota: Es necesario tener en cuenta que las áreas obtenidas sobre la cobertura vegetal, no es información actualizada, ya que las zonas de erosión y urbanización, son mayores hoy en día.

La **cobertura vegetal** se encuentra generalmente sectorizada en la microcuenca del río Tabacay, de manera que se pueden relacionar varias estaciones por sectores, para lograr una interpretación acertada sobre la influencia de las precipitaciones heterogéneas.

- Estaciones 1 y 2; es una zona predominada por Pasto y Vegetación Arbustiva.
- Estaciones 3 y 4; en la zona se añade los páramos, consecuencia de las grandes alturas que alcanza.
- Estaciones 5, 6 y 7; en esta zona predomina el pasto, consecuencia de la zona ganadera, también existe Vegetación Arbustiva, Bosques y Cultivos de Ciclo Corto.
- Estaciones 8, 9 y 10; zonas que presentan varios asentamientos urbanos, y una preservación de Bosques, pero la Vegetación Arbustiva se encuentra en menor cantidad.

El **Uso del Suelo** está generalmente dado por la ganadería, sin control de crecimiento; no existe una manipulación estratégica de los pastos que evite la erosión de la microcuenca. También existe agricultura de varios tipos de frutas y hortalizas, pero no se considera que sea un factor de erosión considerable.

5.5. Análisis de la Subcuenca de aporte contaminantes.

Observando el Gráfico 4.7.2. se verifica que la subcuenca de la **Estación 4** aporta la mayor cantidad de sólidos suspendidos totales, de manera que, a partir de esta estación, se aprecia la coloración y la turbidez del agua. La causa



de este efecto, es la quebrada Mapayacu, que es reconocida como un cauce de descarga agresivo, dado las altas pendientes de esta subcuenca.

También se puede observar que la subcuenca de aporte en la **Estación 10** contamina de forma notable; esto se debe a la urbanización presente en la zona, ya que existe una vasta red de vías que no cuentan con un adecuado plan de evacuación de aguas, por lo que todo el material erosionado termina en el río Tabacay.

6. CONCLUSIONES

Para realizar el presente estudio, se tomó como problema de referencia, la notable contaminación que presenta el Río Tabacay, y que afecta directamente al Río Burgay.

Para determinar las posibles causas de deterioro de la microcuenca de río Tabacay, se establecieron puntos de control en las visitas realizadas por el Ing. Paúl Urgilez conjuntamente con la Dra. Guillermina Pauta, en el año de 2015, para la realización de la Tesis “Control de Calidad de Agua y Análisis de Sedimentos en la Microcuenca del río Tabacay”. También fue necesario establecer tres estaciones extras, por recomendación de la Dra. Guillermina Pauta, para conocer la calidad del agua en la parte alta del río que se encuentra en zona protegida.

Para el Estudio de los Sólidos Suspendidos que transporta el Río Tabacay, fue necesario realizar varias campañas de monitoreo, para obtener una muestra del agua del río; una muestra de Sedimento del Lecho del Río, y aforo del caudal; estas tres actividades por cada estación.

En el estudio de la microcuenca se puede resaltar cuatro aspectos importantes que afectan directa e indirectamente a la calidad del agua en el Río Tabacay.

6.1. Periodos Climatológicos y Caudales.

La microcuenca cuenta con grandes variaciones de caudal, dependiendo del periodo climatológico; para el estudio se eligió el período de monitoreo desde 28/Mayo hasta 16/Julio, que tras el análisis estadístico corresponde a un Periodo de Estiaje.

Al realizar el estudio, se concluyó lo siguiente:

- A pesar de ser un Periodo de Estiaje, existe una variación considerable de caudales, obteniendo valores de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ cerca de la desembocadura del Río Tabacay.
- Los caudales de las Estaciones 1, 2 y 3, tienen una base constante que no depende de los eventos de precipitación, esto beneficia a la comunidad ya que ahí se encuentran las captaciones de agua potable.
- Los caudales de las estaciones finales, tienen una gran variación temporal, por lo que se debe tener en consideración para posibles usos del agua, sobre todo el destinado a consumo humano, ya que deberán hacerse ajustes en el sistema de potabilización.



6.2. Sólidos Suspendidos

Los Sólidos Suspendidos que transporta la Microcuenca del Río Tabacay es la principal problemática del presente estudio, dado que es evidente la contaminación que tiene este cauce, por la erosión que sufre esta microcuenca, ocasionado principalmente por la sobreexplotación de los recursos, por ejemplo: la extracción de áridos, la ganadería, y agricultura, junto con otros procesos naturales como el tipo de sólidos transportados por las quebradas de crecidas rápidas, como la Mapayacu.

Los Sólidos Transportados por el Río Tabacay, son principalmente inorgánicos, alcanzando concentraciones máximas de 511 mg/l en la desembocadura. Es necesario recalcar, que todo el valor es para un periodo de Estiaje; lo que significa que en período invernal este valor puede incrementarse significativamente, afectando la estética y transportando una mayor carga de sólidos que repercute en la calidad del agua para sus usos, como es la generación de energía eléctrica.

La materia orgánica tiene un valor relativamente constante, que se ve reflejado en el Color Real de las muestras; los valores inician con una cantidad pequeña en las 3 primeras estaciones (5 UC.) luego tiene un incremento en la Estación 4, y continúa incrementándose lentamente hasta alcanzar valores máximos de (70 UC.)

La Materia inorgánica que es transportada en el Río, es introducida en la Estación 4 y en la estación 10 principalmente, debido a la contaminación con agua residual doméstica procedente de los principales centros poblados ubicados a lo largo de la microcuenca; lo que provoca que las características Fisicoquímicas del agua se alteren considerablemente, elevando los valores de los SST, turbiedad y Color Aparente, y en menor nivel la conductividad.

6.3. Sedimentos del Lecho de Río Tabacay.

Los sedimentos del lecho del río Tabacay, una vez realizados los análisis granulométricos y clasificarlos mediante el método SUCS, se categorizan de la siguiente manera:



#ESTACIÓN	SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRE
1	SP	Arenas Mal Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
2	SM	Arenas Limosas, Mezclas de Arena y Limo Mal Graduadas
3	SW	Arenas Bien Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
4	SW	Arenas Bien Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
5	SW	Arenas Bien Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
6	SW	Arenas Bien Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
7	SP	Arenas Mal Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
8	SW	Arenas Bien Graduadas, Arenas con Grava, Con pocos Finos o sin ellos.
9	SM	Arenas Limosas, Mezclas de Arena y Limo Mal Graduadas
10	SM	Arenas Limosas, Mezclas de Arena y Limo Mal Graduadas

²⁶ **Tabla 6.3.** Clasificación de Suelo de los sedimentos de cada estación según SUCS.
FUENTE: El Autor

6.4. Cobertura Vegetal y Usos del Suelo.

La **cobertura Vegetal** de la Microcuenca del Río Tabacay se puede sectorizar dependiendo de la vegetación predominante, de la siguiente manera:

- Estaciones 1 y 2, predomina la vegetación arbustiva y el pasto.
- Estaciones 3, 4 y 5, predomina el pasto y páramos.
- Estaciones 6 y 7, tiene una cobertura variada, pero con el ingreso de cultivos de ciclo corto.
- Estaciones 8, 9 y 10, predomina el bosque y el pasto, también existe una creciente zonas urbanas.

Nota: Es necesario tener en cuenta que las áreas obtenidas sobre la cobertura vegetal, no es información actualizada, ya que las zonas de erosión y urbanización, son mayores hoy en día.



En el **Uso del suelo**, existen varias actividades que son realizadas por los pobladores de la zona, especialmente la ganadería, y la agricultura.

El pasto cultivado que es utilizado para el ganado, tiene un área de 1413 ha. que representa el 23,5% de la Microcuenca.

La agricultura que generalmente es cultivos de ciclo corto, ocupa un área de 254,4 ha. que representa el 4,2% de la microcuenca.



7. RECOMENDACIONES

- Al concluir este trabajo, se pudo comprobar la problemática existente de las distintas zonas de contaminación, pero como se planteó al inicio de éste, los resultados representan al periodo Junio – Julio de 2017, por lo que se recomienda extender el tiempo de análisis a un año, o por lo menos en un periodo de invierno, para comparar los resultados.
- La calidad del agua en la Quebrada Rosario y Quebrada Cóndoryacu, es la respuesta a las acciones de protección emprendidas por la EMAPAL EP; por lo que se recomienda incrementar la franja de protección que rodea a las quebradas con la finalidad de crear un filtro natural que garantice la calidad y cantidad de agua.
- Es necesario vigilar en forma permanente la calidad del agua Río Tabacay, que incluya período de precipitaciones, que permita identificar las quebradas de mayor aporte de sólidos, para implementar un programa de reforestación que amortigüe el desgaste del suelo y por lo tanto la calidad del agua.
- La EMAPAL EP, debe garantizar la intercepción de las aguas residuales domésticas hacia los colectores marginales, que para la fecha actual ya deben estar concluidos; y aunque estos colectores todavía no trasladen el agua residual hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Azogues, que muy pronto se construirá; la intercepción permitirá la recuperación del río Tabacay, sobre todo en lo referente al nivel de bacterias coliformes, que en estudios anteriores ha registrado valores significativos.



8. BIBLIOGRAFÍA

Trabajos citados

Cajas, C., s.f. *Influencia del uso de tierras sobre la calidad del agua proveniente de los páramos de la microcuenca del río Tabacay-Ecuador*. Azogues, s.n.

Urgilez, P. F., 2016. *Control de la calidad de agua y análisis de sedimentos en la microcuenca del río Tabacay*, Cuenca: s.n.

EMAPAL EP, 2003. *Plan de manejo de la microcuenca del río Tabacay*, Azogues: s.n.

Cajas, D. C., 2010. *Caracterización de la carga de sedimentos en suspensión en la microcuenca de río Tabacay*, Cuenca: s.n.

Aguirre, J., 1980. *Hidráulica de Sedimentos*, Mérida, Venezuela: s.n.

Sendra, P. J., 2002. *Investigación Cuantitativa de Transporte de sedimentos no cohesivos en avenidas torrenciales: Aplicación al caso del Arroyo del Partido, Huelva*, Madrid: s.n.

G. D. G. Edwards, T., 1999. *Field methods for collection of fluvial sediment*, s.l.: LIVRE.

Marquis, P., 2005. *Turbidity and suspended sediment as measures of water quality*, Bull: s.n.

Bennett, A., 1999. *Enlazando el Paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*, s.l.: s.n.

Heckadon, M., 1999. *La cuenca del canal: Deforestación, Urbanización y Contaminación*, USA: s.n.

Maza, C. V., 2009. *Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la subcuenca Zamora Huayco - Cantón Loja*, Loja: s.n.

López, E., 1999. *Cambio de Uso de Suelo y Crecimiento Urbano en la ciudad de Morelia*, Morelia: s.n.

S. Dalence, G. G. G. D. S., 1999. *Levantamineto Semidetallado de suelos en el valle alto*, Cochapamba: s.n.

A. Klingebiel, P. M., 1961. *Land capability classification*, Washington D.C.: s.n.

Morgan, R., 1997. *Erosión y Conservación del suelo*, s.l.: s.n.



Reyes, K., 2006. *Análisis del Estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales en la cuenca del río La Soledad*, Honduras: s.n.

García, L., 2003. *Indicadores Técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del Río Tascalapa Yoro.*, Honduras, CR: s.n.

OMS, 1998. *Guías para la Calidad del Agua Potable*, Ginebra, Suiza: s.n.

Barrenechea, M. A., 2004. *Aspectos Fisicoquímicos de la calidad del Agua*, s.l.: s.n.

Suczhañay, R. D., 2017. *Efectos del uso del suelo sobre la calidad del agua, en las captaciones ubicadas en la microcuenca del río tabacay, pertenecientes al EMAPAL*, Cuenca: s.n.

C.V.C., C. A. R. d. V. d. C., 2005. *Manual de Procedimientos Hidrométricos*, Santiago de Cali: EIDINAR.

Sendra, J., 1992. *Sistemas de Información Geog'rafica*, Madrid, España: Rialp S.A..

Gutiérrez, J., 2000. *Sistema de Información Geográfica*, España: Síntesis.

PRECURA, 1998. *Programa de recuperación de la Cuenca del Río Paute*, s.l.: s.n.

W.P.C.F., 1989. *Méotodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, USA: s.n.

Argañosa, L. E., 2013. *Determinación de sólidos Totales, Suspendidos, Sediementables y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón*, Manabí, Ecuador: s.n.

SNI, s.f. *Sistema de Información Nacional*. [En línea]
Available at: <http://sni.gob.ec/inicio>

IGM, I., 2016. *Instituto Geográfico Militar*. [En línea]
Available at: <http://www.igm.gob.ec/site/index.php/en/>
[Último acceso: Abril 2017].

USGS, s.f. *Earth Explorer*. [En línea]
Available at: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

9. ANEXOS

9.1. Fotografías de Estaciones

Estación 1
Q. Rosario



Estación 2
Captación Rosario



Estación 3
Captación Cóndoryacu



Estación 4
Unión R. Tabacay- Q. Mapayacu



FABIAN ENRIQUE JAYA CABRERA

Estación 5
Unión R. Tabacay- Q. Nudpud



Estación 6
Puente Iglesia San Antonio



Estación 7
Puente Vía a San Antonio



Estación 8
Vía a San Antonio (La Iguana)



Estación 9
Población Leg Tabacay



Sedimentos

Estación 10
Antes de Subestación Tabacay

EEA



Tamices

Fotografías de Análisis Granulométrico



Materialles

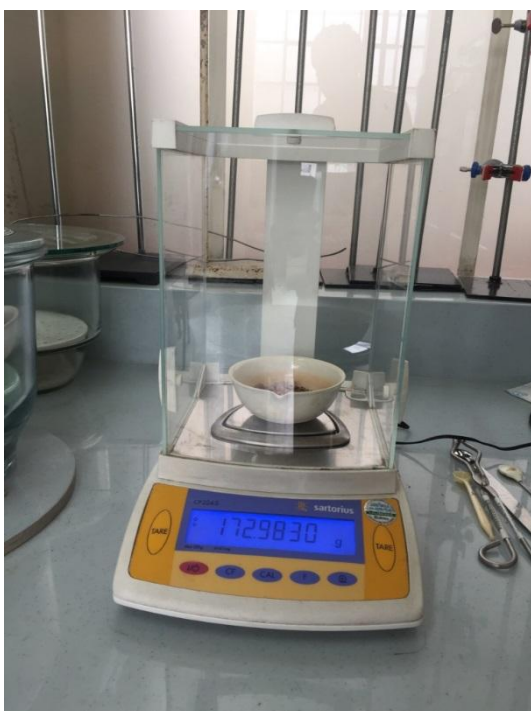


Balanza



9.2. Fotografías de Análisis Físicoquímico

Balanza (material Calcinado)



Desecador (1)



Horno 550 °C



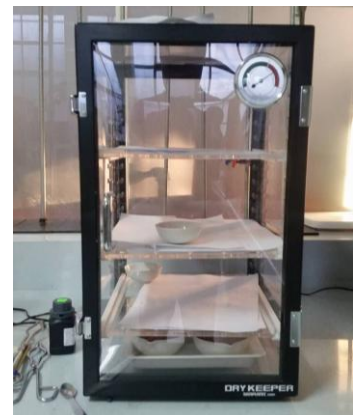
Horno 850 °C



Imhoof



Desecador (2)



Muestras Calcinadas



Sedimentación



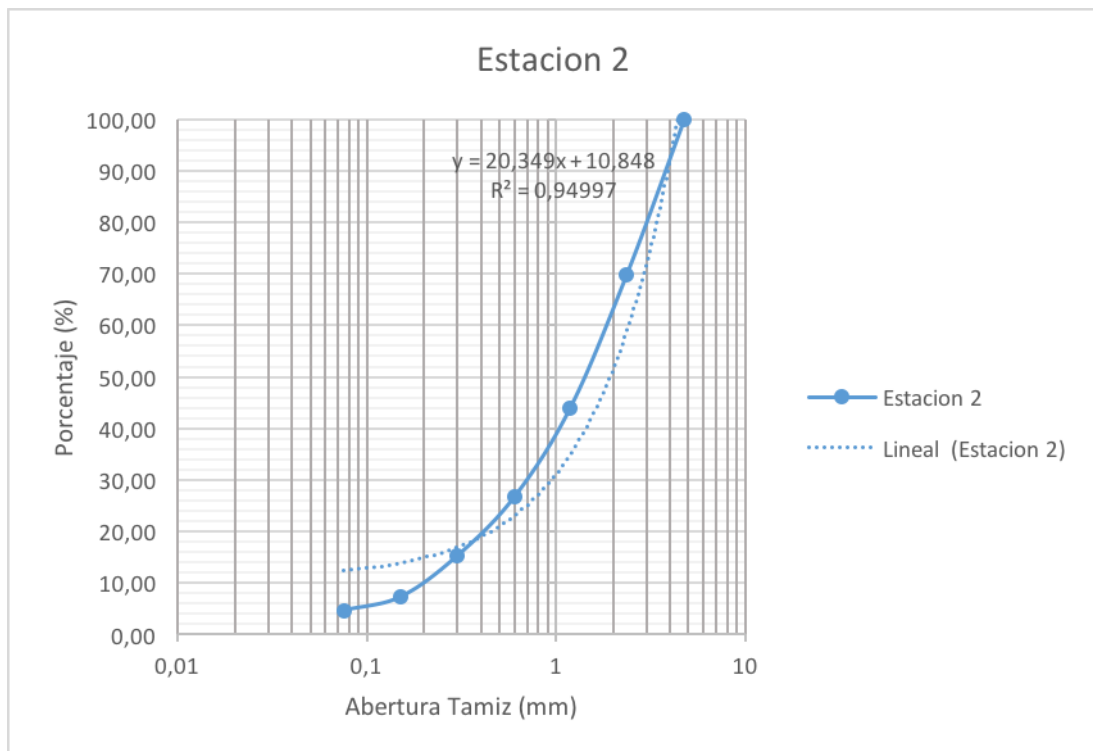
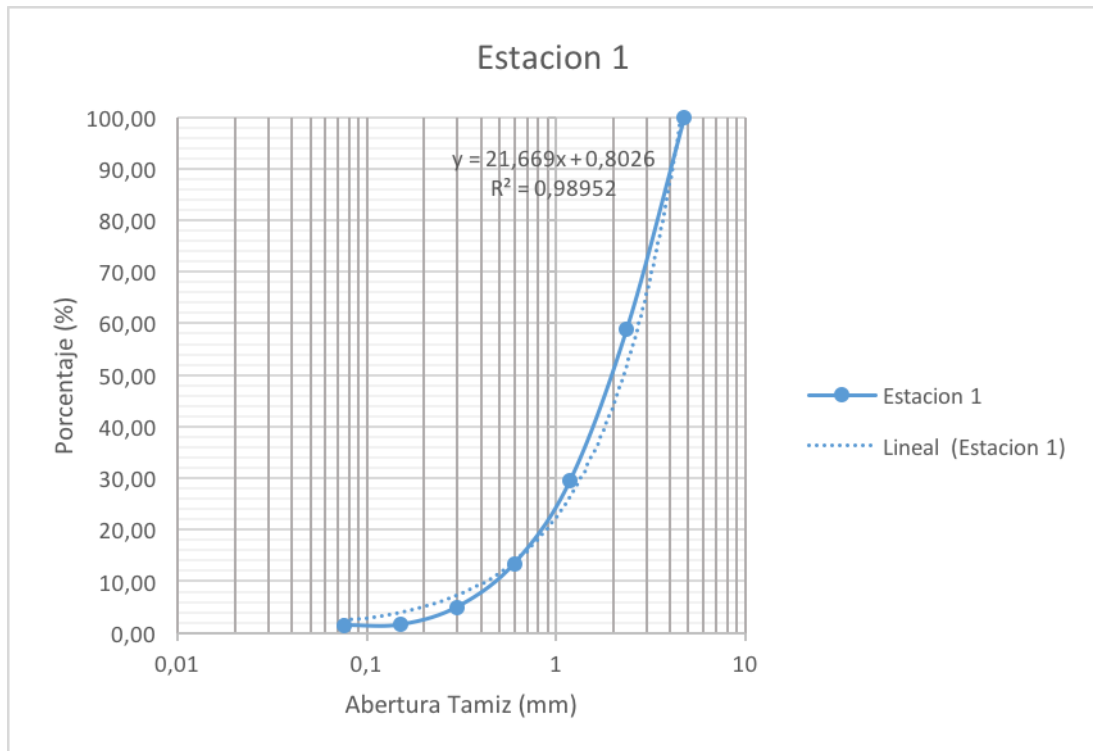
9.3. Sistema SUCS de clasificación de suelos

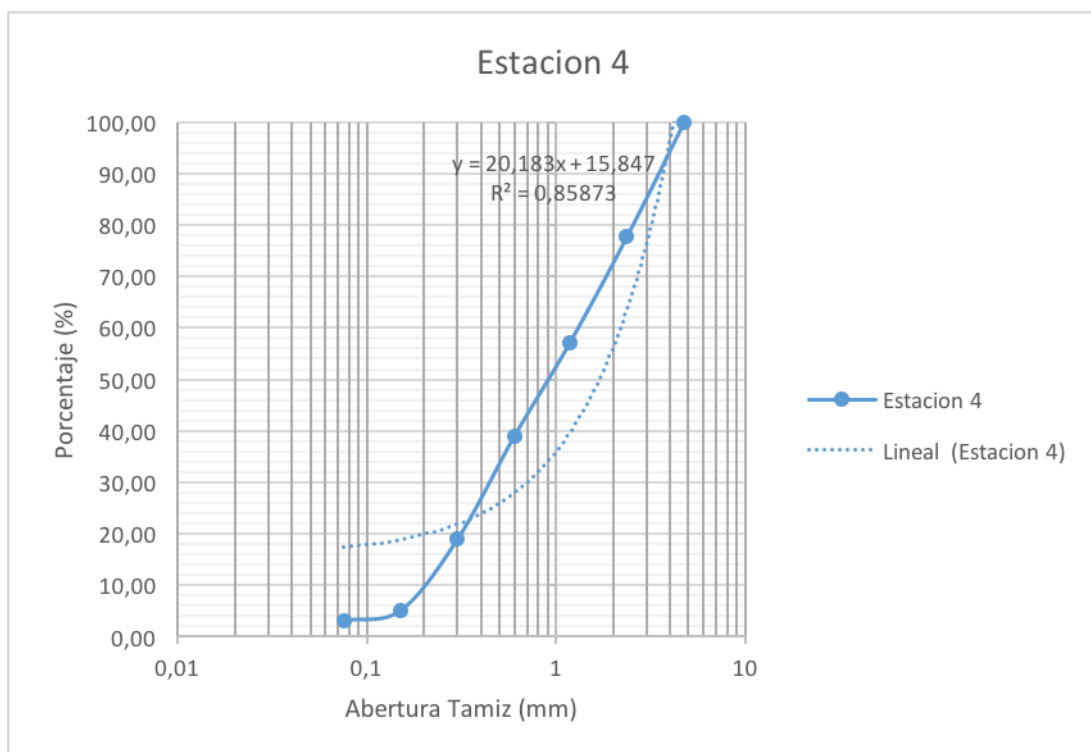
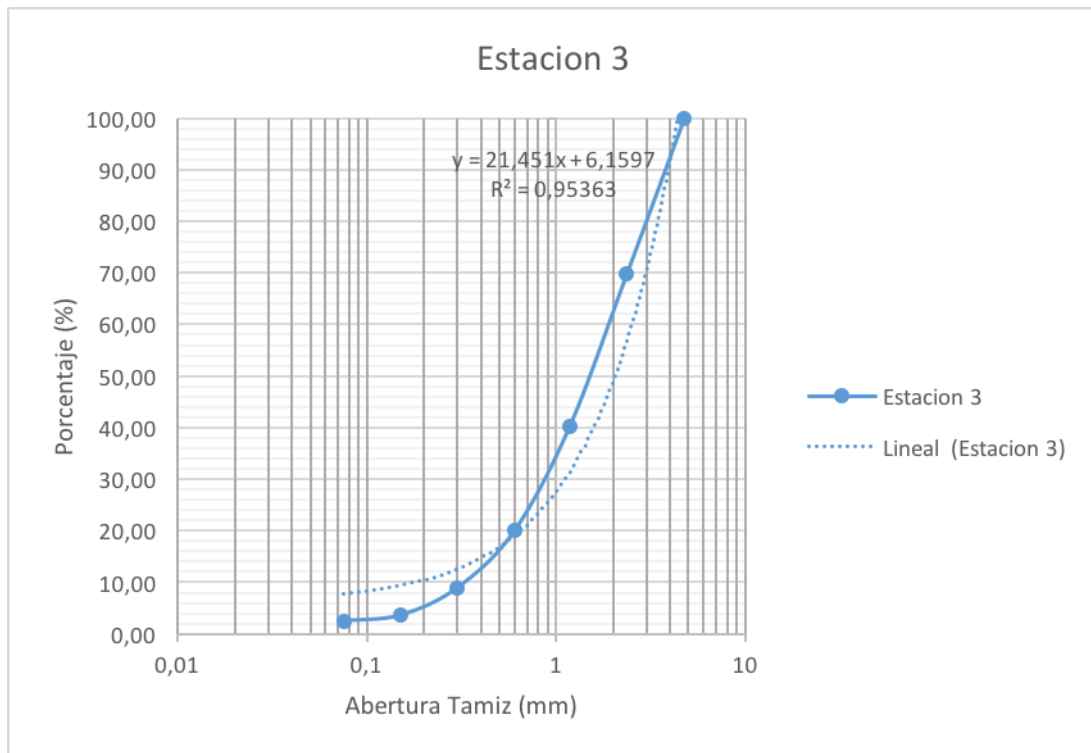
Sistema USCS de Clasificación de Suelos

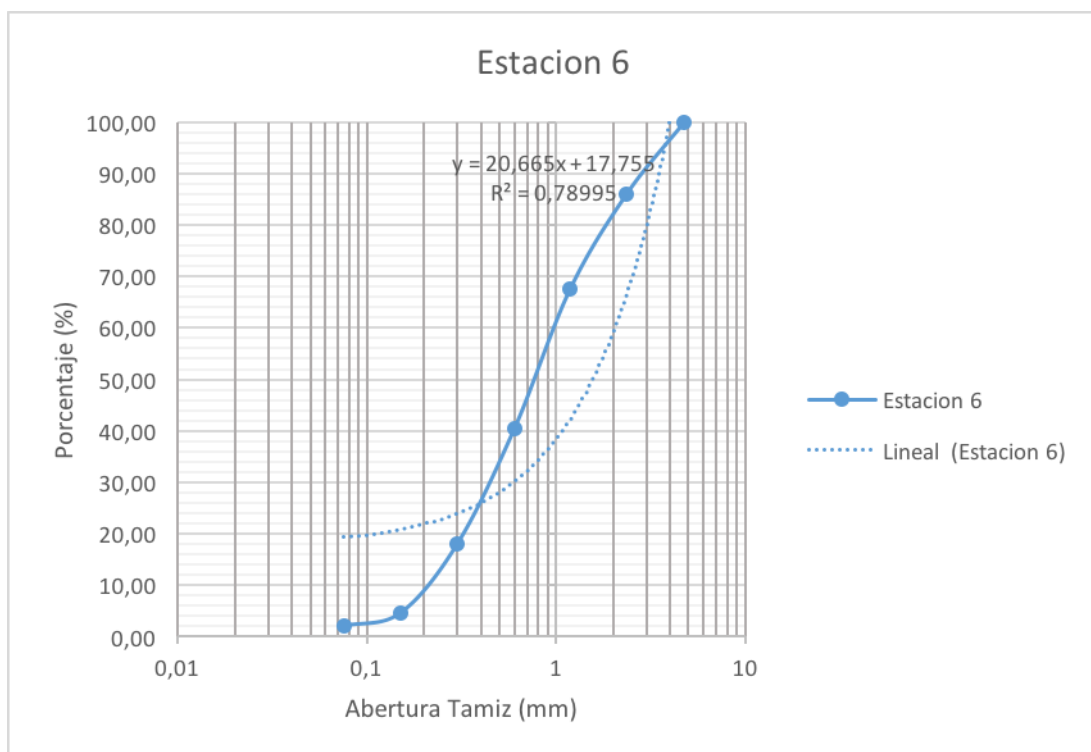
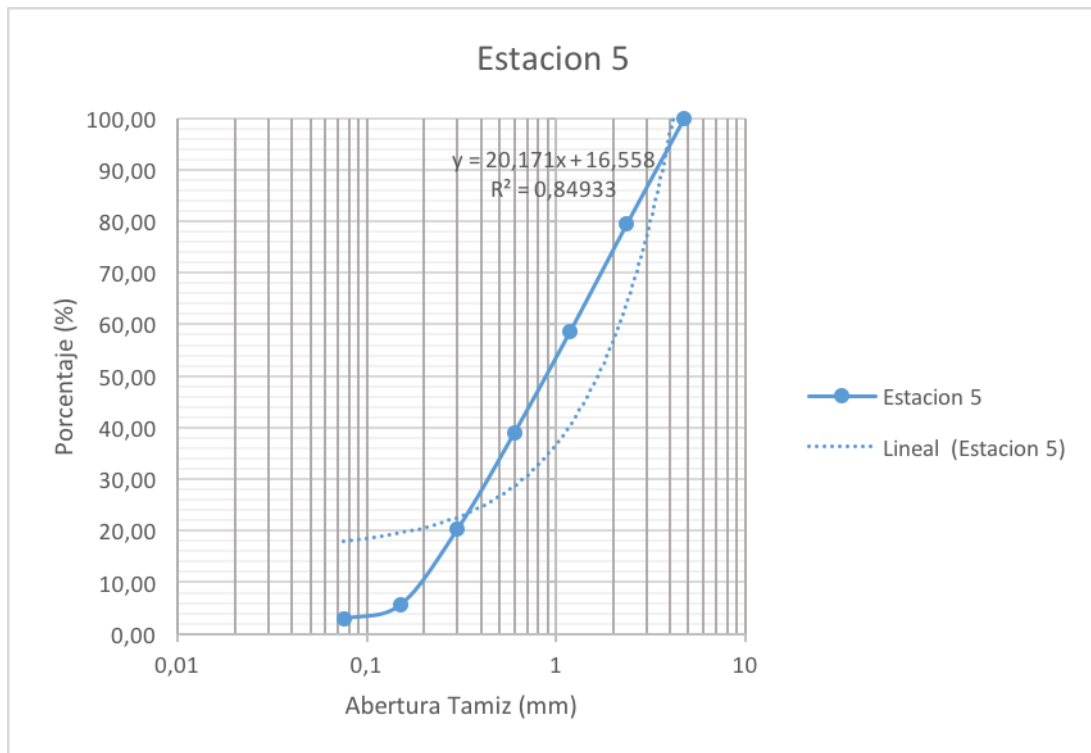
IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	ARENAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS			GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW	
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS			GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
		FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)			GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO	LÍMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LÍMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7 CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES	
	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)			GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA			
	ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS			SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW	
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS			SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
ARENAS CON FINO (CANTIDAD APRECIABLE SIN ELLOS)		FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)			SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS	LÍMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LÍMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7	
	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)			SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS			
	MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40						UTILICEE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO ESTIMAR LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200). LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: GW: GP: SW: SP: GM: GC: SM: SC: CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES MENOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%	
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LÍMITE PLÁSTICO)	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD		
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS		
		LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD		
LIMOS Y ARCILLAS CON LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS	GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO		
	ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS			
	MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA			
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS						Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS

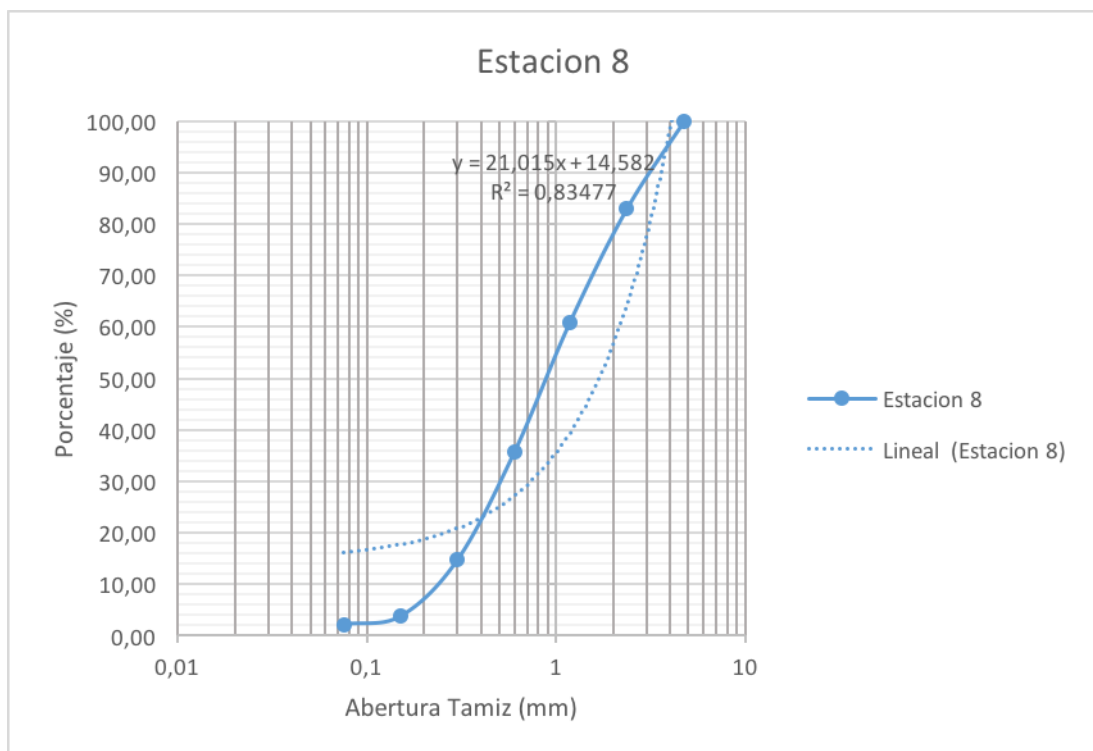
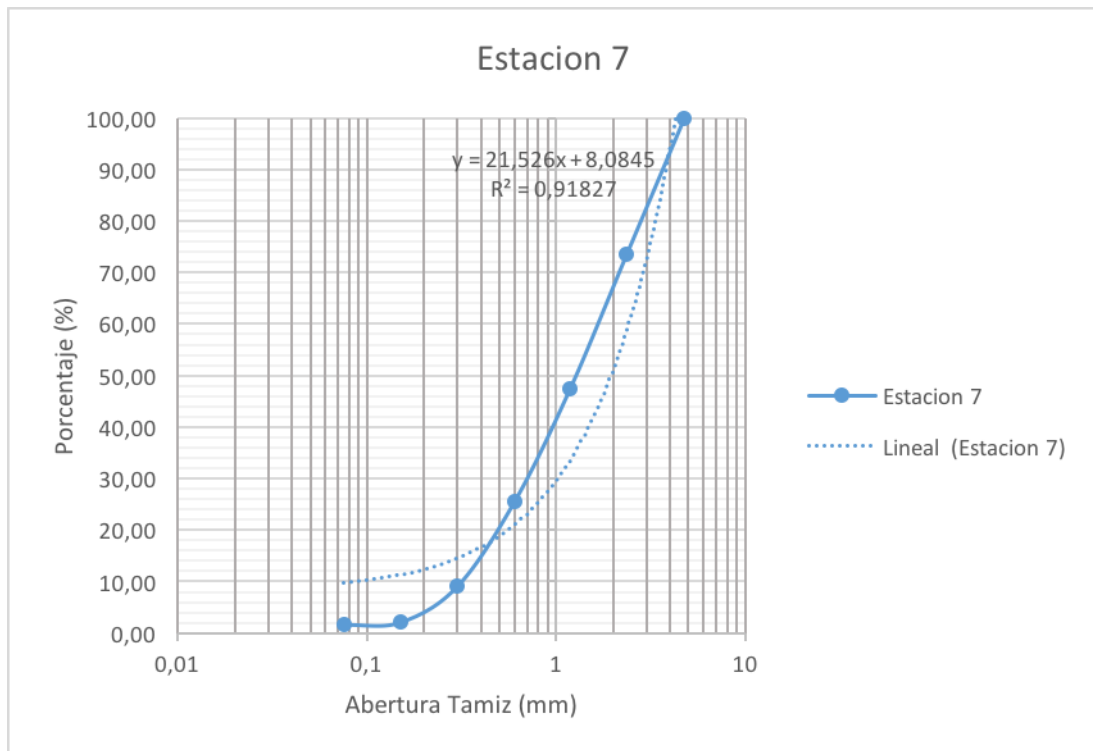
Figura 9.1. Sistema de Clasificación del Suelo SUCS.

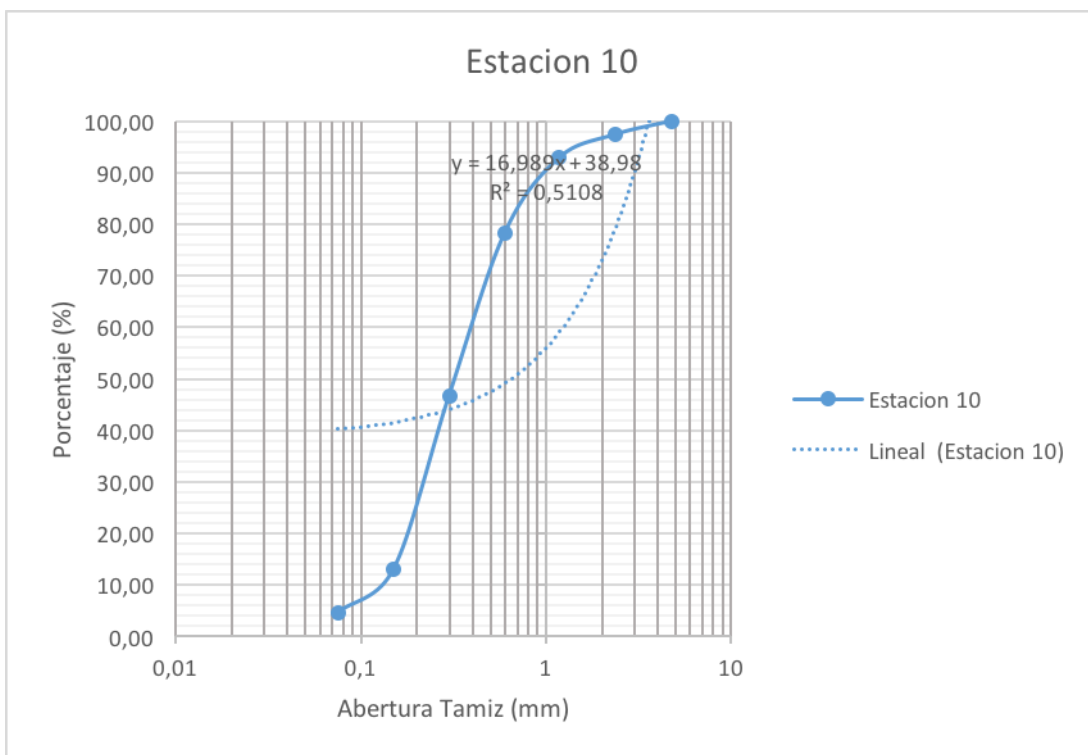
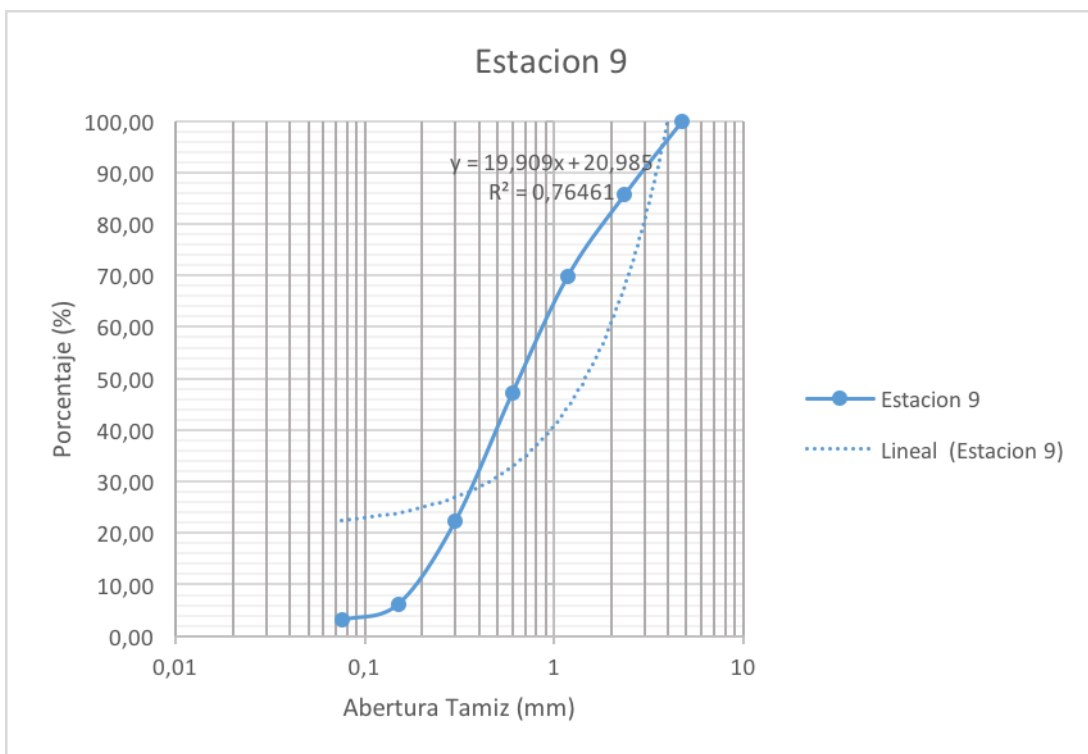
9.4. Curvas Granulométricas de cada Estación.











9.5. Resultados Fisicoquímicos del Laboratorio de Sanitaria del Departamento de Ingeniería Civil.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Muestra procedencia:	Rio Tabacay. - Cantón Azogues. - Provincia del Cañar
Tipo de fuente:	Superficial
Fecha de toma:	29 de mayo de 2017
Fecha de Análisis:	29 de mayo de 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	4,74	12,9	31,9	91,9	89,8	62,6	51,3	46,5	47,5	47,8	NTU, FTU
COLOR APARENTE	42,0	69,0	85,0	323,0	321,0	194,0	192,0	131,0	135,0	123,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	30,0	49,0	41,0	53,0	34,0	51,0	58,0	30,0	66,0	61,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	160,7	181,1	205,0	237,0	243,0	213,0	238,0	243,0	250,0	280,0	microsiemens/cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8,0	25,0	59,0	259,0	178,0	133,0	101,0	99,0	95,0	112,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	3,0	15,0	51,0	235,0	161,0	116,0	86,0	85,0	81,0	95,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	5,0	10,0	8,0	24,0	17,0	17,0	15,0	14,0	14,0	17,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	5,65	5,84	5,81	7,32	6,93	5,99	5,87	5,88	5,99	6,12	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	97,55	97,70	97,50	98,60	98,07	98,52	98,46	98,52	98,20	98,08	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	94,62	94,75	94,10	96,69	97,32	97,06	97,23	97,15	95,87	96,41	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,45	2,30	2,50	1,40	1,93	1,48	1,54	1,48	1,80	1,92	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,93	2,95	3,40	1,91	0,75	1,46	1,23	1,37	2,33	1,67	%



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia:	Rio Tabacay.- Cantón Azogues.- Provincia del Cañar
Tipo de fuente:	Superficial
Fecha de toma:	05 de junio de 2017
Fecha de Análisis:	05 de junio de 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	7,51	11,2	15,1	41,7	47,1	29	30,2	32,3	36,4	31,7	NTU, FTU
COLOR APARENTE	15,0	28,0	51,0	234,0	222,0	172,0	175,0	159,0	166,0	142,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	6,0	4,0	21,0	11,0	23,0	10,0	7,0	31,0	17,0	25,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	165,9	191,1	212,0	240,0	238,0	218,0	251,0	256,0	265,0	297,0	microsiemens/ cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABL	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	10,0	14,0	22,0	100,0	87,0	59,0	71,0	62,0	60,0	55,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	5,0	10,0	16,0	89,0	73,0	51,0	63,0	54,0	52,0	46,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	5,0	4,0	6,0	11,0	14,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	8,13	8,02	8,03	8,10	8,14	8,0	8,0	8,04	7,99	7,85	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	98,0	97,55	98,34	99,17	98,64	98,48	98,22	98,50	98,6	98,76	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	95,49	94,91	95,52	97,15	96,6	96,77	96,87	96,95	96,8	97,21	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,0	2,5	1,7	0,8	1,4	1,5	1,8	1,5	1,4	1,2	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,51	2,64	2,82	2,02	2,04	1,71	1,35	1,55	1,80	1,55	%



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA											
Muestra procedencia:	Rio Tabacay.- Cantón Azogues.- Provincia del Cañar										
Tipo de fuente:	Superficial										
Fecha de toma:	12 de junio de 2017										
Fecha de Análisis:	12 de junio de 2017										
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya										

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	4,57	9,69	8,02	119	35,6	67,4	62,5	70,6	75,8	92,1	NTU, FTU
COLOR APARENTE	26,0	56,0	46,0	474,0	174,0	256,0	268,0	302,0	323,0	345,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	5,0	13,0	32,0	13,0	21,0	14,0	10,0	61,0	30,0	26,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	166,8	197,0	215,0	248,0	172,6	216,0	254,0	264,0	267,0	292,0	microsiemens/cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	0,1	0,1	0,1	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,8	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	12,0	22,0	18,0	278,0	91,0	119,0	125,0	109,0	131,0	163,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	9,0	16,0	12,0	252,0	79,0	105,0	108,0	95,0	117,0	140,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	3,0	6,0	6,0	26,0	12,0	14,0	17,0	14,0	14,0	23,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	7,63	7,69	7,71	7,79	7,55	7,57	7,63	7,75	7,75	7,66	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	97,44	97,29	98,09	99,07	98,48	97,99	98,56	98,68	98,48	98,86	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	95,01	94,82	95,42	97,34	97,16	96,36	96,95	97,11	96,99	97,04	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,56	2,71	1,91	0,93	1,52	2,01	1,44	1,32	1,52	1,14	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,43	2,47	2,67	1,73	1,32	1,63	1,61	1,57	1,49	1,82	%



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA											
Muestra procedencia:	Río Tabacay - Cantón Azogues - Provincia del Cañar										
Tipo de fuente:	Superficial										
Fecha de toma:	19 de junio de 2017										
Fecha de Análisis:	19 de junio de 2017										
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya										

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	13,3	19,2	25	181	193	145	149	169	201	216	NTU, FTU
COLOR APARENTE	60,0	63,0	89,0	676,0	711,0	394,0	780,0	802,0	840,0	962,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	37,0	31,0	29,0	40,0	61,0	73,0	24,0	34,0	45,0	40,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	158,3	175,1	181,3	225,0	227,0	185,3	208,0	217,0	221,0	256,0	microsiemens/cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	0,1	0,2	0,2	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	23,0	21,0	34,0	356,0	334,0	241,0	220,0	222,0	252,0	286,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	15,0	14,0	28,0	323,0	304,0	219,0	189,0	200,0	229,0	255,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	8,0	7,0	6,0	33,0	30,0	22,0	31,0	22,0	23,0	31,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	7,84	7,80	7,86	8,00	8,11	7,88	7,96	7,99	7,90	7,85	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	97,95	96,25	98,21	99,04	98,79	98,78	98,43	98,67	98,11	98,72	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	95,25	94,93	95,42	96,87	97,09	97,27	97,23	96,68	96,38	97,12	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,05	3,75	1,79	0,96	1,21	1,22	1,57	1,33	1,89	1,28	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,70	1,32	2,79	2,17	1,70	1,51	1,20	1,99	1,73	1,60	%



LABORATORIO DE SANITARIA
LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia:	Rio Tabacay.- Cantón Azogues.- Provincia del Cañar
Tipo de fuente:	Superficial
Fecha de toma:	03 de julio de 2017
Fecha de Análisis:	03 de julio de 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	5,87	10,9	11,3	54,2	48,7	34,4	38,9	42,4	41,6	59,9	NTU, FTU
COLOR APARENTE	25,0	25,0	45,0	220,0	205,0	127,0	155,0	171,0	196,0	191,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	11,0	14,0	14,0	19,0	18,0	23,0	44,0	38,0	57,0	53,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	160,5	187,9	209,0	247,0	248,0	206,0	235,0	242,0	251,0	285,0	microsiemens/ cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,9	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8,0	16,0	13,0	150,0	104,0	59,0	60,0	64,0	59,0	177,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	3,0	8,0	7,0	134,0	93,0	51,0	51,0	53,0	49,0	159,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	5,0	8,0	6,0	16,0	11,0	8,0	9,0	11,0	10,0	18,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	8,18	8,02	7,96	8,09	8,18	7,96	8,04	8,0	8,01	7,84	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	97,92	97,42	97,82	98,77	98,78	98,52	98,17	98,56	98,71	98,37	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	95,34	94,89	95,16	97,17	96,96	96,98	96,96	97,09	97,50	96,70	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,08	2,58	2,18	1,23	1,22	1,48	1,83	1,44	1,29	1,63	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,58	2,53	2,66	1,60	1,82	1,54	1,21	1,47	1,21	1,67	%



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA											
Muestra procedencia:	Rio Tabacay.- Cantón Azogues.- Provincia del Cañar										
Tipo de fuente:	Superficial										
Fecha de toma:	10 de julio de 2017										
Fecha de Análisis:	10 de julio de 2017										
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya										

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	2,72	12,3	12	63,8	105	132	157,0	210,0	278,0	313,0	NTU, FTU
COLOR APARENTE	44,0	52,0	66,0	269,0	386,0	363,0	439,0	990,0	1420,0	1460,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	21,0	22,0	27,0	36,0	33,0	34,0	31,0	29,0	44,0	45,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	158,6	183,5	189,5	227,0	180,9	184,4	210,0	216,0	221,0	250,0	microsiemens/cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	11,0	15,0	14,0	135,0	160,0	185,0	199,0	245,0	280,0	411,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	4,0	11,0	10,0	121,0	143,0	166,0	175,0	218,0	252,0	372,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	7,0	4,0	4,0	14,0	17,0	19,0	24,0	27,0	28,0	39,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	7,51	7,40	7,52	7,60	7,54	7,54	7,55	7,6	7,51	7,5	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	97,90	97,50	97,92	98,91	98,89	98,82	98,57	99,68	98,50	98,00	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	95,14	95,13	95,24	97,18	97,50	97,26	97,24	98,31	97,07	96,50	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,10	2,50	2,08	1,09	1,11	1,18	1,43	0,32	1,50	2,00	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,76	2,37	2,68	1,73	1,39	1,56	1,33	1,37	1,43	1,5	%



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA											
Muestra procedencia:	Rio Tabacay.- Cantón Azogues.- Provincia del Cañar										
Tipo de fuente:	Superficial										
Fecha de toma:	17 de julio de 2017										
Fecha de Análisis:	17 de julio de 2017										
Análisis solicitado por:	Sr. Fabián Jaya										

PARAMETROS	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	UNIDAD
PARÁMETROS FÍSICOS											
TURBIEDAD	5,87	8,06	15,7	58,1	99	169	54,4	45,4	56,8	79,0	NTU, FTU
COLOR APARENTE	30,0	37,0	54,0	217,0	343,0	508,0	216,0	187,0	244,0	299,0	UC, Pt Co
COLOR REAL	19,0	23,0	11,0	40,0	51,0	64,0	40,0	35,0	45,0	49,0	UC, Pt Co
CONDUCTIVIDAD	165,1	190,8	205,0	246,0	187,8	216,0	248,0	255,0	262,0	290,0	microsiemens/cm
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	0,1	0,2	0,1	0,4	0,6	1,5	0,3	0,2	0,2	0,6	ml/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	11,0	13,0	20,0	117,0	192,0	387,0	121,0	77,0	87,0	140,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	6,0	12,0	17,0	110,0	174,0	347,0	111,0	69,0	77,0	126,0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	5,0	1,0	3,0	7,0	18,0	40,0	10,0	8,0	10,0	14,0	mg/l
PARÁMETROS QUÍMICOS											
pH	8,04	7,82	7,8	7,88	7,65	7,64	7,48	7,8	7,77	7,66	
ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS											
SOLIDOS FIJOS (550°C)	97,74	96,99	98,13	98,73	98,88	98,71	97,58	98,34	98,36	98,37	%
SOLIDOS FIJOS (850°C)	95,17	94,66	96,03	96,55	96,75	95,3	96,18	93,76	96,77	96,21	%
SOLIDOS VOLATILES (550°C)	2,26	3,01	1,87	1,27	1,12	1,29	2,42	1,66	1,64	1,63	%
% PERDIDA X DIF. DE TEMPERATURA	2,57	2,33	2,10	2,18	2,13	3,41	1,40	4,58	1,59	2,16	%